عالم الكروموسومات العجيب

المستكشفون الميكروسكوبيون

دور الكروموسومات
فى معجزة الخلق
وتحديد الصفات الوراثية

تأليف نوربرت لاندا وباتريك باورل

ترجمة د. زينب شحاتة



العالم من حولنا

Human Body   سم الإنسان

دار الشروق

عالم الكروموسومات العجيب

المستــكشــفون الميكروسكــوبيـــون

دور الكروموسومات
في معجزة الخلق
وتحديد الصفات الوراثية



تأليف نوربرت لاندا وپاتريك باورل

ترجمة د. زينب شحاتة



دار الشروق



مــــرحبــــــا!

عندما كنت طفلا صغيرا، تمنيت كثيرا أن أعرف كيف سيكون شكلي عندما أكبر. هل سأشبه أبي، أم أمي، أم جدي؟ حسنا، لقد كبرت الآن و عرفت كل شيء. فلقد ورثت أنف أمي وعيون أبي وشعره، وأيضا رابطة عنق جدي!

وماذا عنك أنت؟ من تشبه يا ترى؟ ربما تشبه أمك في بعض الصفات وأباك في صفات أخرى، أو حتى جدة جدتك التي ماتت منذ سنوات طويلة. وعلى أي حال، فكل واحد منا يشبه أقاربه في الشكل أكثر بكثير مما يشبه أقرب أصدقائه.

وتتشابه الناس فيما بينها بدرجة أكبر من التشابه الذي نجده بين الكائنات الأخرى مثل الكلاب أو شجر التفاح. والسبب في ذلك أن كل كائن حي يحتوي على الخطط والتصميمات التي تضمن أن يتشابه مع أفراد النوع نفسه. فالكلاب تبدو وتتصرف كالكلاب، كما أن الناس تبدو وتتصرف كالناس الآخرين. وعلى الرغم من هذا التشابه، فإن كل فرد يتميز ببعض الصفات الشكلية والسلوكية التي تميزه عن غيره.

فما تلك الخطط التي تحدد أشكالنا وصفاتنا؟ ومن أين نحصل عليها؟ وهل هناك خطط لتحديد الأنف الطويل والعيون الزرقاء؟ وهل تحتوي أجسام التوائم المتشابهة على نفس الخطط بالضبط، بينما تحتوي أجسام الآخرين على خطط مختلفة؟

نعم، فتلك الخطط هي ما نطلق عليها اسم «الچينات». وهي خيوط رفيعة جدا موجودة داخل نواة كل خلية، وعليها معلومات وراثية مكتوبة بحروف لغة الكيمياء. فالخلايا هي وحدات البناء الدقيقة التي يتكون منها الجسم مثلما تكون أحجار البناء المنزل. وتحدد الچينات أنشطة وتصرفات الخلية، كما أنها تصدر التعليمات للخلايا لتتعاون بعضها مع بعض لبناء وتكوين شخص ما وتحديد صفاته مثل نوعه (ذكر أم أنثى)، وطول أو قصر أنفه، ودرجة لون بشرته، وسائر الصفات الأخرى.

إن قدرات الچينات نراها واضحة وضوح الشمس إذا ما أمعنا النظر في الكائنات الحية من حولنا. فالوظائف التي تقوم بها الچينات عبارة عن أحداث معقدة للغاية تجري في عالم صغير جدا وغير مرئي، داخل خلايا أجسامنا. ولكي نبحث اكثر في هذه الأمور، هيا بنا نستقل كبسولة الانكماش الميكروسكوبية. التي سوف تجعلنا ننكمش إلى أحجام صغيرة تسمح لنا بأن نشاهد الخلايا والچينات وهي تعمل بدأب. وسوف نرى كيف تؤدي مهام وظيفتها، وكيف تنتقل الخطط من الآباء إلى الأبناء، ولماذا نشبه آباءنا قليلا ونختلف عنهم قليلا.



وأنا مرشدكم خلال هذه الرحلة . فلا تترددوا فى سؤالى عن أى شىء يجول بذهنكم. وأريد أن أضيف شيئا آخر ، فخلال رحلتنا هذه سوف نشاهد أمورا كثيرة وعجيبة. فاحتفظوا بالكلاب مقيدة حتى لا تعطلنا ، وانتبهوا معى. والآن هيا بنا يا رفاق.

الخـــلايا تبنــى الناس

هل تعلم أن جسم الإنسان يتكون من 10 تريليون (مليون مليون) خلية، توجد فى أكثر من 200 نوع مختلف. ومعظم الخلايا صغيرة جدا حتى إنه يمكننا أن نرص حوالى 100 خلية بعضها إلى جوار بعض فى أقل من مليمترين. وعلى الرغم من صغر حجم الخلايا، فإنها تعتبر حقا كائنات حية. فالخلايا مثلنا تأكل الطعام لتحصل على الطاقة و تبنى مكوناتها. وعندما تنقسم خلية ما (الخلية الأم) فإنها تنتج خليتين جديدتين. أما إذا ماتت الخلايا القديمة، فإن خلايا جديدة تحل محلها.

وتتلاصق الخلايا المتشابهة بعضها ببعض كالبنيان المرصوص لتكون الأنسجة المختلفة. فخلايا الجلد تلتصق بعضها ببعض لتكون الجلد ، وخلايا العضلات تتلاصق لتكون العضلات . وكذلك خلايا العظام تتماسك لتكون العظام. أما الخلايا العصبية والخلايا المدعمة الأخرى، فتكون المخ والأعصاب. فقدرتنا على أن نغنى ونقفز ونفكر ونهضم الطعام إنما تنبع من الخلايا المختلفة التى نتكون منها والتى تؤدى وظائف مختلفة. فجميع هذه الخلايا تتفاعل بعضها مع بعض، وتتعاون لتكون الكائن الحى، وتجعله يقوم بوظائفه، وتحميه من الجراثيم التى من الممكن أن تسبب له الأمراض. نعم ، فكل كائن حى ،كل شجرة ،كل كلب ،كل إنسان ، ما هو إلا نتاج العمل الجماعى لجميع الخلايا التى يتكون منها، والتى تتعاون بعضها مع بعض فى انسجام وتفاهم كاملين.

وممَ تتكون الخلايا يا أستاذنا؟

تتكون الخلايا من عدة مواد مختلفة مثل البروتينات والدهنيات والسكريات والأحماض النووية مثل (DNA) والرنا (RNA). وتتفاعل هذه الجزيئات الحيوية بعضها مع بعض لتكون أجهزة الخلية التى تتجمع لتنتج الخلايا بالضبط مثلما تتفاعل الخلايا المختلفة بعضها مع بعض لتكون الجسم الحى. ولكى تستطيع أجسامنا القيام بكل عمليات البناء هذه، فإنه لابد من أن نتناول الطعام وتقوم كل من المعدة والأمعاء بتكسير وهضم الطعام إلى مواد بسيطة وصغيرة يحملها الدم وينقلها إلى جميع خلايا الجسم. تتسلم الخلايا ما تحتاج إليه من مواد من الدم لكى تبنى نفسها وتنتج خلايا جديدة.

وما الدنا DNA ؟

الدنا مجموعة خيوط رفيعة إلى درجة لا يصدقها عقل، وتوجد فى كل خلية بالجسم. وتوجد الجينات مرصوصة بعضها إلى جوار بعض بطول هذه الخيوط. والجينات مناطق على الدنا تحتوى على معلومات ووصفات لصنع البروتينات التى تبنيها الخلية من أجل أن تعيش وتؤدى وظائفها. وتتشابه هذه الوصفات أو الجينات الموجودة فى الناس بعضها مع بعض، مما ينتج عنه التشابه الذى نراه بين البشر. فأنا وأنتم نشبه بقية الناس ونختلف تماما عن كلاب الدَّشْهَنْد [كلاب ألمانية صغيرة ذات أجسام طويلة وقوائم قصيرة]. وعلى الرغم من تشابهنا، فإن الجينات فى أجسامنا تختلف بعض الشىء بين الواحد والآخر. وهذا هو ما يجعل كل واحد منا يتصف بصفات خاصة به تميزه عن الآخرين.

فالاختلافات البسيطة فى الجينات هى التى تجعلنا لا نبدو مثل التوائم المتشابهة. فمثلا بعض الأفراد يستطيعون أن يقفزوا قفزات أعلى لأن عضلاتهم أقوى وعظامهم أطول، بينما البعض الآخر لا يستطيع ذلك. كما أن الاختلافات بين الناس تظهر بوضوح أكبر فى ملامح الوجه . فلكل واحد منا ملامح خاصة به لا تتكرر فى شخص آخر إلا فى حالة التوائم المتشابهة.

وهناك أيضا الاختلافات التى لا نستطيع أن نراها. فبعض الأطفال لا يمكنهم تناول اللبن والبعض الآخر يعانى من عمى الألوان. كما أن هناك من عنده قدرة أكبر على تذكر الأنغام ، أو من هو أفضل فى الرسم. كما أن أصواتنا لا تتشابه حتى إذا حاول أحد منا أن يغير من صوته عبر التليفون فإننا نستطيع أن نتعرف عليه بالرغم من هذه الحيلة.

وهل نختلف أيضا فى رائحة أجسامنا؟

بالطبع نعم. ولكن أنف الإنسان ليس حساسا بدرجة كافية تجعله يميز بين الروائح المختلفة للأفراد. أما الكلب فإنه يستطيع أن يميز بين الروائح أفضل منا. فإذا شم الكلب حذاء ما فإنه يعرف فى الحال ما إذا كان هذا الحذاء يخص شخصا يعرفه أم لا. فبالنسبة للكلب كل شخص يقابله له رائحة مميزة خاصة به، مثلما نجد أن كل شخص نقابله له شكل يميزه عن الآخرين.

مـــم نتكـــــــون ؟



أعضـــاء

تتكون أجسام الناس من الأعضاء المختلفة.

أنسجة

وتتكون الأعضاء مثل الكبد والقلب والجلد من الأنسجة الحية.

خلايا

والنسيج الحى يتكون من خلايا حية.

الخلية الحية تتكون من أجزاء أو أجهزة مثل النواة والريبوسومات.

أجهزة الحياة

تتكون النواة والريبوسومات من جزيئات حيوية كبيرة مثل الدنا والبروتينات.

جزيئات الحيـــاة

الدنا والبروتينات مكونة من وحدات بناء مثل النيوكليوتيدات والأحماض الأمينية.

وحدات بناء



الخلايا تعمل بنشاط



الشبكة الإندوبلازمية



الميتوكوندريا



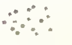
جهاز جولجى



النـــواة



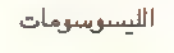
هيكل الخلية



الريبوسومات



الليسوسومات



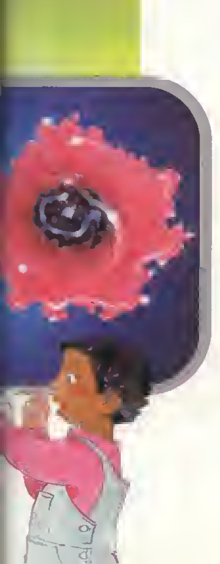
تحتاج الخلايا إلى شيئين أساسيين لتقوم بوظائفها ، هما الچينات والبروتينات. فالچينات تعطى التعليمات والوصفات اللازمة لبناء البروتينات التى هى أهم المواد فى الخلية الحية. فكل نوع من البروتين يتم صنعه طبقا للتعليمات الموجودة فى چين معين. وتؤدى البروتينات أدوارا شتى فهى بمثابة وحدات بناء ، وأدوات التصاق ومضخات وآلات نسخ وأدوات تزحلق وعمال تعبئة. وهى تؤدى كل هذه الأدوار الضرورية حتى تقوم الخلية بأعمالها على خير وجه.
فالبروتينات التى تنتجها الخلية هى التى تحدد وظائف هذه الخلية وشكلها وموقعها النهائى فى الجسم حيث تقوم بعملها.

وتكوّن البروتينات أجزاء الخلية المختلفة والتى نسميها بالعُضَيّات (تصغير أعضاء) أو الأجهزة. وتتعاون البروتينات والأجهزة بعضها مع بعض للقيام بالعديد من الأعمال المدهشة. وعلى سبيل المثال، يتم نسخ الچينات المخزونة فى نواة الخلية بصفة مستمرة، لتستخدم هذه النسخ فى إنتاج بروتينات جديدة فى مصانع البروتين التى تسمى «بالريبوسومات». أما البروتينات القديمة المستهلكة فيتم تكسيرها وهضمها بأجهزة «الليسوسومات». وحين الحاجة إلى تصدير بروتين خارج الخلية، فإنه يصنع فى الريبوسومات الموجودة فوق سطح جهاز الشبكة الإندوبلازمية. ومن هناك يشحن البروتين فى فقاعة صغيرة إلى جهاز «جولجى» ليتم تعديله، ثم يرسل إلى خارج الخلية بعد ذلك. أما جهاز «الميتوكوندريا»، فيختص بحرق المواد الغذائية البسيطة التى تأتى للخلية عن طريق الدم. وينتج عن عملية الاحتراق هذه : الطاقة التى تحتاج الخلية إليها للقيام بمختلف الوظائف والأنشطة. فكما ترون يا أصدقائى، فإن الخلية تعيش دائما فى عالم ملىء بالنشاط والحيوية.

والآن، فإن جميع خلايا الجلد وخلايا العظم وخلايا العضلات وخلايا الأعصاب تكون على استعداد للبدء فى أعمالها. فكل هذه الأنواع تعرف ماذا تفعل ، وهى تتعاون معا لبناء كائن حى معين.

وهل نكبر فى الحجم لأن خلايانا تكبر هى الأخرى؟

لا يا أعزائى. فخلايانا تحتفظ بأبعادها ولا تتغير. ولكى ينمو الجسم ، فإن خلاياه يجب أن تنقسم . فتنقسم الخلية إلى اثنتين ثم أربعة ثم ثمانية، وتستمر فى التكاثر لتنتج خلايا أكثر وأكثر. فخلايا العظم تنتج خلايا عظم جديدة ، وكذلك خلايا العضلات تنتج خلايا عضلات جديدة ... وهكذا. ثم تلتصق الخلايا الجديدة بعضها ببعض لتكون الأنسجة المختلفة مثل العظام والعضلات فى الأنف ، والجلد الذى يغطيها ، والأغشية المخاطية فى الداخل.

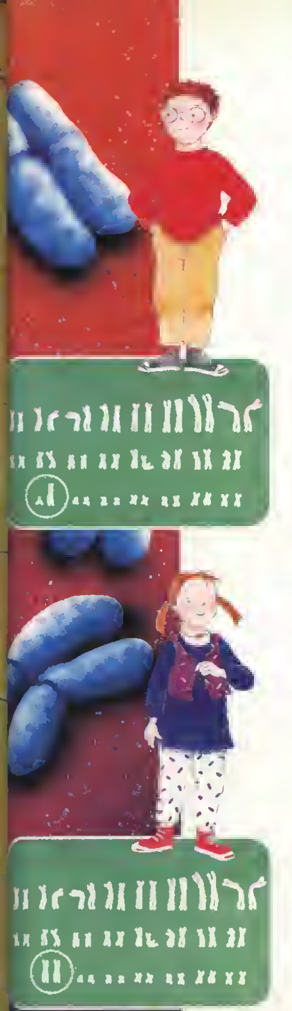




وتتصل الخلايا بجيرانها من الخلايا بطرق مختلفة. كما أن البروتينات تتحرك بصفة مستمرة بين الخلايا لتحمل رسائل من خلية إلى أخرى. مثلا، يرسل بروتين معين أوامر وتعليمات إلى الخلية الغضروفية، التى تساعد فى بناء عظم الأنف، ليحدد لها متى تتكاثر مرة أخرى. فطالما الطفل ينمو، فإن أنفه ينمو هو الآخر، ومثل أى جزء آخر فى الجسم، يستمر النمو حتى يصل العضو إلى الحجم الطبيعى. فالسبب فى أن بعض الأفراد يتميزون بأنف قصير هو أن النسيج الغضروفى فيه قد نما بسرعة أقل من النسيج الذى ينمو فى الأنف الطويل. وهذا يعنى أن خلايا الأنف قد انقسمت وتكاثرت أقل من المعتاد، مما أدى إلى إنتاج أنف قصير.

وكيف يعرف الأنف أنه يجب أن يصبح قصيرا؟

يعرف الأنف ذلك جيدا من الجينات فى الخلايا الغضروفية التى تحتوى على الخطة الكاملة. فهذه الجينات تحدد للخلايا معدل انقسامها (الفترات الزمنية بين كل انقسام وآخر). فإذا صدرت الأوامر من الجينات للخلايا بأن تنقسم على فترات متباعدة فإن عدد الخلايا سوف يكون أقل ويؤدى هذا إلى تكوين أنف قصير. وهناك اختلافات بسيطة فى الجينات الموجودة فى الأفراد المختلفين، وتحدد هذه الاختلافات ما إذا كان الأنف طويلا أم قصيرا أم معوجا.



كروموسوم الـ (Y) يكوِّن الذَّكر

تتشابه جميع الخلايا فى تركيبها الداخلى. فكلها مغطاة بغشاء يسمى غشاء الخلية. كما تحتوى على عدة أعضاء أو أجهزة مختلفة. والجهاز الذى يهمنا بصفة خاصة هنا هو النواة. فهو يحتوى على الكروموسومات، تلك العبوات غريبة الشكل التى تحتوى على الچينات. ويوجد فى نواة كل خلية من خلايانا 46 كروموسوما تتزاوج بعضها مع بعض لتعطى 23 ثنائيا (ويتكون كل زوجين - أى كل ثنائى - من كروموسومين متماثلين). وهنا نرى شكلا للكروموسومات فى النواة.

ولماذا تتزاوج الكروموسومات يا أستاذنا؟

لقد ورث كل واحد منا هذه الأزواج - أى الثنائيات - من الكروموسومات من شخصين : الأم والأب. ويشتمل كل زوجين على كروموسوم جاء من الأم وكروموسوم جاء من الأب. ويحتوى الكروموسومان فى كل زوجين على چينات تحدد نفس الصفات. أى أنه لكل صفة فينا يوجد اثنان من الچينات يحددانها. وهذا بالطبع شىء مفيد جدا. ففى حالة حدوث أى إصابة لواحد من الچينات على كروموسوم ما فإنه سيكون هناك چين آخر سليم على الكروموسوم الآخر.

ونرى أمامنا صورة أخرى للكروموسومات وهى مرتبة فى أزواج. ونرى أن الكروموسومين فى كل زوجين يتشابهان فى (انظر فى المستطيلات الخضراء). وفى معظم الوقت ، لا نستطيع أن نرى الكروموسومات ، ولكن معالمها تصبح واضحة عند انقسام الخلية، وعندئذ نستطيع أن نراها بواسطة الميكروسكوب متخذة شكل حرف إكس (X).

ومن الواضح أن أزواج الكروموسومات تختلف فى أطوالها. وتتشابه تقريبا كل الكروموسومات الموجودة فى البنين والبنات . ففى البنات يتشابه الكروموسومان فى كل زوجين من ناحية الطول والشكل، كما تتخذ كلها شكل حرف الإكس (x). أما فى البنين، فإن ثنائيا من الـ 23 ثنائيا يحتوى على كروموسومين مختلفين فى الطول . ويسمى الكروموسوم الطويل بكروموسوم إكس (X). ويسمى القصير بكروموسوم واى (Y) . وكروموسوم واى (Y) الصغير هذا هو المسئول عن تحديد نوع الذكر.

وكيف يستطيع كروموسوم الواى (Y) هذا أن يكوِّن الذَّكر؟

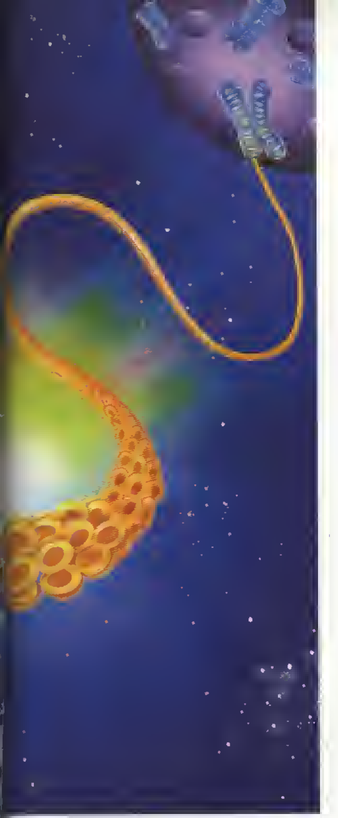
هذا أمر بسيط. فالكروموسومات ما هى إلا چينات ملفوفة بعضها على بعض. والذى يهمنا هنا هو الچينات سواء كانت ملفوفة أم مفكوكة. والفرق الوحيد بين البنين والبنات هو أن كروموسوم الواى (Y) فى البنين يحتوى على چينات معينة زائدة وخاصة بالذكر. ولا توجد هذه الچينات فى كروموسومات البنت وليست فى حاجة إليها. وتحدد هذه الچينات الزائدة صنع بروتينات معينة فى خلايا الابن. ثم تتفاعل هذه البروتينات لتجعل جسم الابن يكون جميع الأعضاء اللازمة التى تجعله ذكرا.



وبالطبع يحتاج البنون إلى الچينات على كروموسوم الإكس(X) لتحديد صفات أخرى. ولكن بعض الچينات على كروموسوم الواى (Y) هى التى تفرق بين الجنسين. فبدون كروموسوم الواى(Y) سوف نصبح جميعا بنات. والآن يكون من الواضح لماذا تسمى هذين الزوجين ـ (إكس إكس «XX» فى البنات وإكس واى «XY» ـ فى البنين) الكروموسومات الجنسية .

والآن لقد حان الوقت لأن نلقى نظرة أعمق على الچينات. ولكى نفعل ذلك علينا أن ننكمش إلى أحجام أصغر . هيا بنا يا أعزائى.

الچينـــات
والكرومو‌ســـــومات



للتبسيط سوف نركز بحثنا على واحد من الـ 46 كروموسوما. فعندما ننكمش أكثر ونقترب من هذا الثنائي، نرى أنه يحتوى على مجموعة خيوط «متشابكة» بعضها مع بعض. ولكن إذا دققنا النظر نرى أن هذه الخيوط ملفوفة على شكل دوائر صغيرة مكونة من بروتينات متخصصة تسمى بالهستونات.

وعندما نحل هذه اللفات نستطيع أن نرى خيوط الدنا DNA . وتحتوى خيوط الدنا على جميع المعلومات الوراثية التى تحدد صفات الخلية والكائن الحى. ويتكون الدنا DNA من سلسلتين متقابلتين وتلتفان بعضهما حول بعض مكوّنتين شكل السلم الحلزونى . وتتكون درجات هذا السلم من أربعة مركبات كيميائية تسمى بالنيوكليوتيدات (nucleotides) والتى نسميها اختصارا أ (A)، ث (T)، ج (G)، س (C)، والتى تكون بمثابة الحروف الأربعة التى تكتب بها اللغة الوراثية على الدنا . فالچين ما هو إلا قطعة من الدنا تحتوى على عدة آلاف من ترتيبات مختلفة من النيوكليوتيدات على كروموسوم واحد. ومثلما يحدد ترتيب الحروف معانى الكلمات والجمل فى اللغة العربية، كذلك يحدد ترتيب النيوكليوتيدات فى الچين معلومات وراثية معينة ووصفات تستخدمها الخلية لتصنع بروتينا معينا.

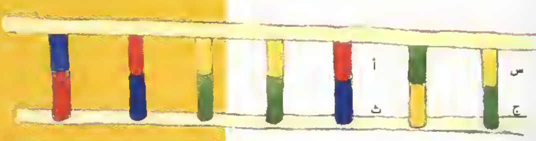
وتتكون كل درجة من سلم الدنا من اثنتين من النيوكليوتيدات المترابطة بعضها ببعض فى صداقة أبدية . فنجد أن (أ) الحمراء اللون ترتبط مع (ث) الزرقاء اللون دائما ، و (ث) ترتبط مع (أ) دائما دون غيرها. وكذلك ترتبط (س) الصفراء اللون مع (ج) الخضراء اللون دائما ، و (ج) مع (س) دائما دون غيرها. فمثلا، لن يحدث أبدا أن ترتبط (ث) مع (س) أو (س) مع (أ) أو (ث). وعلى هذا الأساس، فإنه إذا انشق السلم طوليا من المنتصف بحيث تنفصل كل سلسلة نيوكليوتيدات عن الأخرى ، ثم نظرنا إلى إحدى السلسلتين وترتيب النيوكليوتيدات عليها، فإننا من الممكن أن نعرف ترتيب النيوكليوتيدات على السلسلة الأخرى حتى لو لم نرها.

وعندما ينشق السلم طوليا وتنفصل السلسلتان بعضهما عن بعض .إذا أمددنا كل سلسلة بالنيوكليوتيدات الحرة سنجد أن كل نيوكليوتيد سوف يهرع ليرتبط بزميله ، وبارتباط النيوكليوتيد وراء الآخر على السلسلة سوف تتكون سلسلة جديدة مقابلة لكل سلسلة قديمة (سلسلتى الدنا الأصلية). وبهذا سوف نحصل على سلمين من الدنا يحتوى كل منهما على نفس الترتيب من النيوكليوتيدات. وتحدث هذه العملية خلال انقسام الخلية حيث يتم نسخ الدنا إلى اثنين حتى تحصل كل خلية جديدة على نسخة طبق الأصل من النسخة التى تحصل عليها الخلية الأخرى.



وعبقرية الچينات لا تنتهى عند هذا الحد. فبالإضافة إلى قدرتها على عمل نسخة من نفسها خلال عملية الانقسام . فإنها تسمح بعمل نسخ أخرى منها لترسل خارج النواة حاملة معها المعلومات اللازمة لصنع بروتين معين. هيا بنا نرى كيف يحدث ذلك.

تلتزم النيوكليوتيدات على سلم الدنا بنظام صداقة أبدية فالنيوكليوتيد س (الأصفر) يرتبط دائما مع ج (الأخضر) ، و أ (الأحمر) يرتبط دائما مع ث (الأزرق).



البـــروتينـــات تُكـــوِّن النـــاس

يتميز سلم الدنا بقدرته على أن ينفتح بالضبط عند نقطة بداية الجين حتى تنفصل سلسلتا السلم وتصبح النيوكليوتيدات عليهما غير مرتبطة وواضحة ومكشوفة.

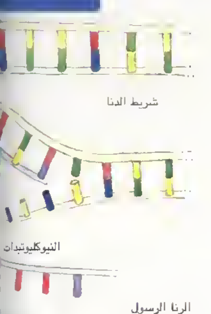
والآن، تأتي بروتينات متخصصة تسمى بإنزيمات البلمرة (polymerases) لتؤدى عملا مهما. فهى تقرأ النيوكليوتيدات على كل سلسلة منفردة لتكون سلسلة جديدة مكملة لها. فعندما تقرأ هذه الإنزيمات نيوكليوتيد (ث) ، فإنها تضع أمامه (أ) ، وعندما ترى (س) فإنها تضع أمامه (ج) ، ثم تربط (أ) بـ(س) لتكون بداية السلسلة الجديدة. وتستمر في القراءة وربط النيوكليوتيدات الحرة بعضها ببعض حتى يتم تصميم سلسلة جديدة من النيوكليوتيدات المتصلة. وتسمى هذه السلسلة بالرنا الرسول (messenger RNA) ، مع العلم أنه بعكس سلاسل الدنا التى تحتوى على نيوكليوتيد (ث) مرتبطا مع (أ)، فإن سلسلة الرنا لا تحتوى على نيوكليوتيد (ث) بالضبط. ولكنها تحتوى بدلا منه على نيوكليوتيد يشبه (ث) ونشير إليه بالحرف (ى). إذن كل سلاسل الرنا فى الخلية تحتوى على نيوكليوتيدات(أ) و (ى) مرتبطة بعضها ببعض دائما. وكذلك (س) و (ج) مرتبطة بعضها ببعض دائما. وبعد تكوين سلسلة الرنا فإنها تنفصل عن الدنا . وبهذا تصبح سلسلة الرنا الرسول تحتوى على نسخة طبق الأصل من الجين على الدنا ، أى المعلومات والخطط اللازمة لصنع بروتين معين. فيغادر الرنا النواة حاملا الرسالة ويتجه إلى مصانع البروتين وهى الريبوسومات ، وتتخذ هذه الأجهزة شكل كرتين بعضهما فوق بعض. وتوجد فى أعداد كبيرة تصل إلى مئات الآلاف فى كل خلية

والآن ، يمكننا أن ندرك لماذا تنتج الخلايا المختلفة بروتينات مختلفة على الرغم من وجود نفس الجينات فى كل الخلايا. فإنتاج البروتين يتوقف على عمل نسخة من الجين أى إنتاج الرنا الرسول الذى يترك النواة ويسافر إلى الريبوسومات ليتم استخدام المعلومات عليه فى صنع البروتينات. ونطلق على عملية نسخ صورة من الجين فى هيئة الرنا الرسول اسم (عملية تنشيط الجين) إذن السبب فى أن الخلايا المختلفة تنتج بروتينات مختلفة هو تنشيط جينات مختلفة فى الخلايا. فمثلا ، تنشط خلية الدم الحمراء الجين الخاص بإنتاج بروتين الهيموجلوبين عن طريق عمل نسخة الرنا الرسول لهذا الجين. أما خلايا الجلد التى لا تحتاج إلى هذا البروتين، فإنها لا تنشط جين الهيموجلوبين فيها أى أنها لا تعمل نسخة من هذا الجين. ويظل الجين موجودا فى النواة ولكنه فى حالة نوم عميق. وكما نرى فإن كل خلية فى الجسم تدبر شئونها بجزء من الجينات الموجودة على الدنا فتبقى على هذا الجزء نشيطا وتقيد الجينات الأخرى التى لا تحتاج إليها وتمنعها من تسريب أى معلومات عليها.

إن سلسلة «الرنا الرسول» هى عبارة عن نسخة حقيقية من الجين. ولكن الرنا لا يحتوى على نيوكليوتيد (ث) الأزرق، بل يحتوى على نيوكليوتيد (ى) البنفسجى الخاص بالرنا.

ومم تتكون البروتينات يا أستاذنا؟

تتكون البروتينات من وحدات بناء تسمى بالأحماض الأمينية مرصوصة بعضها إلى جوار بعض على شكل سلسلة. وهناك 20 نوعا من الأحماض الأمينية التى تكون جميع البروتينات فى جميع الكائنات الحية ويستطيع جهاز الريبوسوم الخاص بتصنيع البروتين أن يقرأ التعليمات على سلسلة الرنا الرسول فيعرف بذلك نوع وعدد وترتيب الأحماض الأمينية التى يجب أن ترص بعضها إلى جوار بعض لعمل سلسلة البروتين . وبمجرد تكوين سلسلة البروتين هذه، فإنها تلتف بعضها حول بعض لتعطى أشكالا كروية و شريطية مختلفة وبعد أن يتخذ البروتين الشكل النهائى له فإنه يصبح مؤهلا للقيام بعمله. فيتجه إلى الموقع المحدد له. وجسم الإنسان يحتوى على 100 ألف بروتين مختلف ، كل بروتين جاء طبقا لتعليمات من جين معين. وفى بعض الأحيان ترتبط بروتينات مختلفة بعضها ببعض لتكون جسيما متحدا كبيرا ذا شكل معين وضرورى من أجل القيام بعمل محدد. فجهاز الريبوسوم نفسه عبارة عن جسيم متحد كبير، لأنه يتكون من عدة أنواع من البروتينات المختلفة المرتبطة بعضها ببعض بطريقة معينة.

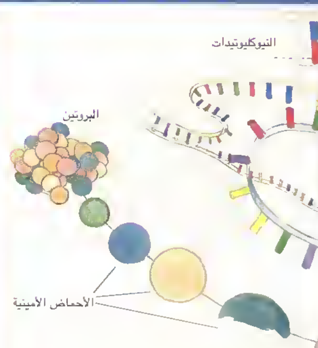


وكيف يتم تكوين الإنسان بهذه الطريقة؟

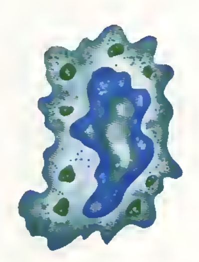
حسنا ، إذا نظرنا إلى كل خطوة على حدة، فإننا سنجد صعوبة فى فهم عملية التكوين لأنها غاية فى التعقيد . ولهذا سوف نلجأ إلى التشبيه التالى للإيضاح. لنتخيل معا أن الجينات والبروتينات عبارة عن تعليمات مفصلة خطوة بخطوة لصنع لعبة من الورق.

ففى البداية . سيكون كل مالدينا هو قطعة من الورق، وقائمة بالتعليمات، وليس لدينا أى فكرة عن الشكل النهائى للعبة التى سوف نكونها. ثم نقرأ التعليمات بعد ذلك ونبدأ التنفيذ، فنطوى الورقة من المنتصف ثم نطويها بمحاذاة هذا الخط ثم نقلبها ونطويها هناك ...إلخ. ففى كل خطوة نقوم بها نتبع التعليمات الخاصة بهذه الخطوة، ونجد بعد ذلك أن الخطوات تتفق بعضها مع بعض جيدا حتى أننا فى النهاية نحصل على طائرة كاملة من الورق. انظر إنها تطير! لقد تم تكوينها على الرغم من أننا لم نكن نعرف ما شكلها النهائى.

وعلى المنوال نفسه ، من الممكن أن نتصور أن الچينات تعطى تعليمات أولا لصنع البروتينات، ثم لصنع الخلايا، ثم لتكوين الأنسجة، ثم لتكوين كائن حى كامل بعد ذلك. تعطى الچينات المعلومات ثم تقوم البروتينات بتنفيذها. .وتجرى هذه الأحداث فى كل ثانية فى جميع خلايانا. ففى كل بقعة من الخلية نجد أن هناك بروتينات من نوع معين تتجمع بعضها مع بعض بالعدد المضبوط فى الوقت المناسب لتتفاعل بعضها مع بعض بالطريقة المضبوطة وتؤدى ما عليها من وظائف.



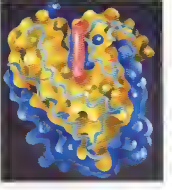
الخلايا تصنع البروتينات والبروتينات

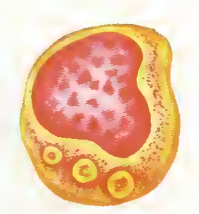

خلية دم بيضاء

إن جميع خلايا الجسم قد نشأت من خلية واحدة وهى البويضة الملقحة ، التى انقسمت واستمرت فى الانقسام حتى كونت جميع الخلايا التى تكوّن كل واحد منا. وفى كل مرة تنقسم فيها الخلية يتم نسخ كل الچينات بحيث تحصل كل خلية جديدة على نسخة كاملة من الچينات. وتحتوى كل خلايا الجسم على نفس النوع والعدد من الچينات. ولكن كل نوع من الخلايا المختلفة ينشط الچينات التى يحتاج إليها هو ويترك الچينات الأخرى فى حالة خمود. وبالتالى ينتج كل نوع من الخلايا أنواع البروتينات التى يحتاج إليها لأداء الوظائف الخاصة به. فمثلا ، تنتج خلايا العظم بروتينات مختلفة عن تلك التى تنتجها خلايا الجلد.

والبروتينات جزيئات صغيرة جدا . فحوالى مليون منها تشغل حيزا أقل من ملليمترين. وينتج جسم كل واحد منا عدة بلايين من البروتينات فى الثانية الواحدة. وتشمل هذه البروتينات 100 ألف نوع تحددها الچينات بحيث يؤدى كل نوع منها وظيفة مختلفة.


البروتينات التى تحارب الجراثيم تسمى الأجسام المضادة


بروتين الهيموجلوبين يساعد خلايا الدم الحمراء فى نقل الأكسچين


خلية ذاكرة

ويوجد نوع من البروتينات يسمى البروتينات الشائعة، لأنها توجد فى جميع أنواع الخلايا لتؤدى الوظائف الأساسية لحياة أى خلية بصرف النظر عن نوعها. وهذا يعنى أن الچينات الخاصة بهذه البروتينات تكون فى حالة نشاط دائم فى جميع الخلايا. وهذه البروتينات تلعب أدوارا مهمة فى عمليات توليد الطاقة ، وانقسام الخلية والحصول على الغذاء ، وكلها عمليات أساسية لحياة أى نوع من الخلايا.

وتدخل أنواع أخرى من البروتينات فى تكوين هيكل الخلية. فيعتبر بروتين الكيراتين (Keratin) من المواد الأساسية التى تكون الأظافر والشعر. كما أن هناك بروتين يسمى الكولاچين (collagen) يكون الأجزاء المطاطة من الجلد والغضروف ويشترك مع المعادن فى تكوين العظام.

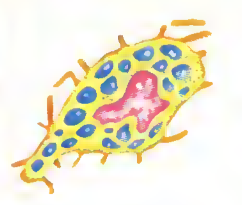

خلية وعاء دموى

وهناك أنواع من البروتينات تساعد الخلايا فى القيام بوظائفها الخاصة. فخلايا الدم الحمراء مثلا تحمل الأكسچين إلى الخلايا فى جميع أنحاء الجسم. وتستطيع هذه الخلايا أن تقوم بهذا العمل بفضل احتوائها على بروتين الهيموجلوبين (hemoglobin) الذى يصطاد الأكسچين ويحتفظ به حتى يعطيه للخلايا.

صنـع الخـلايا



خلية عضلية

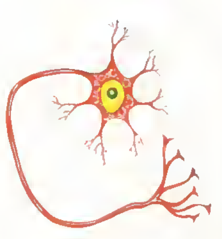


الخلية التى تصنع الهرمونات

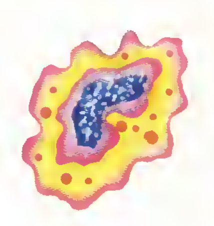
خلية البويضة



خلية الجلد



خلية عصبية



خلية عظم

أما البروتينات المسماة بالإنزيمات (enzymes)، فهى المسئولة عن تنشيط جميع التفاعلات الكيميائية فى الخلية الحية. فالإنزيمات تساعد فى ربط بعض الوحدات الصغيرة بعضها ببعض لتكوين جزيئات كبيرة. كما أنها تساعد فى تحليل وهضم المواد إلى أجزاء صغيرة مثلما يحدث عند هضم الطعام.

وتعتمد الخلية على بعض البروتينات الأخرى فى القيام بوظائفها. فالخلايا العضلية تنقبض بفضل ألياف بروتينية تسمى بالأكتين والميوسين (actin and myosin) . وتستطيع الخلية أن تنقل المواد من مكان لآخر بواسطة بروتين التيوبيولين (tubulin) الذى يكون أنابيب طويلة تعمل مثل القضبان التى تنتقل عليها الحويصلات الصغيرة.

وتتفاهم الخلايا بعضها مع بعض عن طريق بروتينات تسمى الهرمونات تعمل مثل الرسائل. فعلى سبيل المثال ، الهرمونات هى التى تخبر الخلايا متى تنقسم. وهناك أيضا بروتينات محاربة تسمى الأجسام المضادة تلتصق بالجراثيم ليتم قتلها.

وبالإضافة إلى جميع الوظائف المذكورة ، التى تقوم بها البروتينات، فإن هناك أنواعا أخرى توجه وتنظم جميع العمليات الحيوية فى الخلية. ومثال ذلك ؛ البروتينات التى تقوم بتنشيط أو بتكبيح الچينات والبروتينات التى تنظم عمل البروتينات الأخرى ، فتوجهها متى تعمل ومتى تتوقف عن العمل.

وكما ترون يا أصدقائى، فإن كل شىء يدور فى الجسم يعتمد تماما على البروتينات بطريقة أو أخرى. فكل نوع بروتين يتحدد بواسطة نوع من الچينات. فالچين عبارة عن منطقة فى الدنا تحتوى على المعلومات والوصفات التى تحتاج الخلية إليها لصنع بروتين معين. وتعتبر الـ 100 ألف چين الموجودة فى كل خلية بمثابة وصفات لصنع 100 ألف بروتين. وكما ترون فإنه لكى يتم تكوين جنين ينمو وينبض بالحياة فإنه لابد من التعاون والتنسيق والتفاهم بين الچينات والبروتينات.

الچينات المختلفة تنتج بروتينات مختلفة

تحتوى خلايا البشر على چينات متشابهة. وتنتج الچينات المتشابهة بروتينات متشابهة. والبروتينات المتشابهة بين الناس هى التى تجعل الخلايا تعمل بنفس الطريقة فى نفس المنطقة من الجسم بحيث تنتج ملامح متشابهة. وعلى هذا الأساس نجد أن المَنْخَرَيْن (فتْحتَى الأنف) يوجدان فى الأنف فى منتصف الوجه وليس خلف الرأس مثلما يحدث فى الدرافيل. كما أن عيوننا أمامية وليست جانبية مثل الأرنب . وليست لدينا ذيول مثلما الحال فى الكلاب.

ويتخذ كل من الأنف والأذن والشفاه أشكالا محددة لان الخلايا المكونة لكل منها تنقسم ثم تتوقف عن الانقسام فى توقيت معين وفى موقع معين بحيث تعطى الأشكال ذات الانحناءات والأطوال المختلفة. وكما نرى، فإن الخلايا تكون أنسجة ذات أشكال معينة. وتتجمع الأنسجة المختلفة لتنشئ الأعضاء الداخلية المعقدة التركيب فى الجسم مثل القلب والكبد والمعدة.



ولماذا يختلف الناس فى أشكالهم يا أستاذنا؟

على الرغم من تشابه الچينات فى أجسامنا إلا أن كلاً منّا له چينات خاصة به هو. وتؤدى هذه الاختلافات فى الچينات إلى تحديد لون العينين والشعر لكل واحد منا. كما أنها تحدد استعدادنا للإصابة بأمراض معينة . وتحدد نوع كل واحد منا ، وتحدد ما إذا كان الواحد منا سوف يكون عنده نمش فى بشرته أم لا. ليس هذا فقط، بل إن الچينات هى التى تحدد كل صفة فينا. وفى كثير من الأحيان، تتعاون العديد من الچينات فى تحديد الصفات المختلفة. فكل واحد منا قد ورث خلطة من الچينات خاصة به هو، مما يؤدى إلى إنتاج خلطة من البروتينات المختلفة لكل واحد منا. واختلاف البروتينات التى تنتجها الخلايا هو الذى يجعل الخلايا تعمل بطرق مختلفة.

وتتميز الشعوب بصفات وملامح مشتركة بين أفرادها. فعلى سبيل المثال ، نرى أن الخلايا المكونة لأجفان الأطفال الآسيويين تنمو وتتكاثر اكثر من الخلايا فى أجفان الأطفال من أوروبا أو إفريقية. وهذا ما يجعل الشعوب الآسيوية تتميز بأجفان غليظة ذات شكل معين.



أما المثل الآخر فيوضحه لون الجلد. فالشعوب ذات الجلد الأسمر تحتوى خلاياها على كميات أكبر من مادة ملونة تسمى صبغة الميلانين. وكذلك فإن لون الشعر ولون العيون تحدده الچينات الخاصة بكل واحد منا والموجودة داخل أجسامنا منذ ولادتنا.



البويضة
هى بداية القصــة

والآن لقد تعلمنا الكثير عن عمل الچينات فى خلايا الجسم وكيف تحدد الصفات التى نتميز بها.

ومن أين نحصل على الچينات؟

تنشأ بلايين الخلايا المكونة للجسم بأنواعها المختلفة (من الخلايا العضلية وخلايا الجلد والخلايا العصبية...الخ) من خلية واحدة هى البويضة الملقحة ومعها تبدأ قصة حياة كل إنسان أو حيوان. فعلى العكس مما يحدث فى الطيور، نجد أن البويضة الملقحة تستقر فى رحم الأم وتظل فيه حتى تتطور إلى إنسان صغير. وتتميز بويضة الإنسان بأنها أكبر حجما عشر مرات من الخلية العادية. كما تنمو بويضة واحدة فى رحم المرأة مرة كل شهر.

وتتميز بويضة الإنسان بصفات أخرى خاصة بها، فهى تحتوى على 23 كروموسوما فرديا. وهى بذلك تختلف عن خلية الجسم العادية التى تحتوى على 23 ثنائيا من الكروموسومات. وهذا يعنى ان البويضة تحتوى على نسخة واحدة من كل چين، فهى تنقصها الـ 23 كروموسوما الأخرى التى تحتوى على چينات الأب.

والخلية المناظرة لبويضة الأم هى خلية الحيوان المنوى من الأب. فهى أيضا، مثل البويضة، تحتوى على 23 كروموسوما فرديا، وبالتالى تحتوى على نسخة واحدة من الچينات. وكما ترون يا أصدقاء، فإن كلاً من البويضة والحيوان المنوى بمفردهما ليس لهما أى حيلة ولا يستطيعان أن يتكاثرا مثل الخلايا العادية الأخرى.

ولكن ألا يختلف الأمر عندما يتحد الحيوان المنوى بالبويضة؟

نعم، هذا صحيح. فكما نرى أمامنا، هذه الأشياء التى تسبح هى الحيوانات المنوية. وهى توجد فى أعداد كثيرة جدا على العكس من البويضة الواحدة التى تنمو كل شهر. ويتم إنتاج الحيوانات المنوية فى خصيتى الإنسان. وعلى الرغم من كثرتها، فإن حيوانا منويا واحدا فقط هو الذى يستطيع أن يدخل إلى خلية البويضة ويندمج معها. وتتم عملية الإخصاب باندماج الحيوان المنوى مع البويضة مما ينتج عنه ما يسمى بالبويضة المخصبة (الملقحة) والتى تحتوى على 46 كروموسوما أى 23 ثنائيا (23 كروموسوما تحمل چينات الأم و 23 تحمل چينات الأب). وتحمل البويضة المخصبة كل العوامل اللازمة لتكوين إنسان جديد. فهى تحتوى الآن على نسخة من چينات الأم ونسخة من چينات الأب، وبذلك أصبحت تحتوى على نسختين من الچينات مثل كل الخلايا المكونة لأجسامنا. ولهذا فإنها تستطيع الآن أن تنقسم مثلما تفعل الخلايا الأخرى.

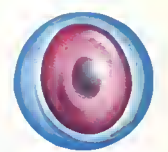


وتنقسم الخلية الملقحة إلى اثنتين ثم أربعة ثم ثمانية ...وتستمر الخلايا فى الانقسام حتى يتم تكوين جميع أنواع الخلايا المختلفة اللازمة لبناء جسم الكائن الحى المعقد التركيب. ونطلق على مجموعة الخلايا هذه اسم الجنين. وهى تحتوى فى چيناتها على كل الصفات الوراثية التى سوف تجعل هذا الإنسان مميزا فى صفات كثيرة مثل لون الشعر وشكل الأنف.

ولماذا لا تبدو الخلية الملقحة مثل إنسان متناه فى الصغر؟

بالطبع لا تبدو كذلك لأنها ما زالت خلية. وتتشابه الخلايا ذات النوع الواحد فى كل من البشر والكلاب والضفادع. فلقد نشأ كلبنا من بويضة ملقحة تشبه إلى حد كبير البويضة الملقحة التى نشأت أنا الإنسان منها. وبالطبع فإن بويضة الكلب تحتوى على الچينات الخاصة بالكلب وهى بذلك تحدد شكل الكلب. فچينات الكلب تنتج الكلاب وچينات الإنسان تنتج البشر. ولهذا فإن ذرية أى كائن حى تشبه نفس نوع آبائها.

بنــــون أم بنـــات ؟

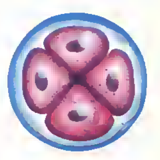


الخلية الملقحة لا تحتوى فقط على المعلومات اللازمة لبناء إنسان صغير، ولكنها تحتوى أيضا على كل تفاصيل المعلومات التى تحدد ما إذا كان الجنين سوف يصبح صبيا أم بنتا، وتحدد أيضا لون عينيه وحجمهما، ونبرات الصوت الذى سوف يتميز بها فى المستقبل، وأيضا أنواع الأمراض التى ربما يصاب بها فيما بعد. وبالطبع فإن بعض هذه الصفات تستغرق وقتا لكى تتضح.

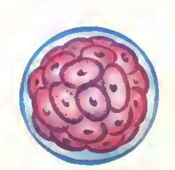


وتبدأ قصة حياة كل منا بالبويضة الملقحة التى تنقسم إلى خليتين ثم أربعة ثم ثمانية ... وهكذا تستمر فى الانقسام. وفى بداية الانقسام تكون الخلايا الجديدة مطابقة بعضها لبعض. ثم تتشكل هذه الخلايا على هيئة كرة مصمتة، ثم تتحول إلى كرة مجوفة تنبعج إلى الداخل بعد ذلك. وبعد مرور بضعة أسابيع، يبدأ ظهور الخلايا المختلفة فى أشكالها ووظائفها. وعلى سبيل المثال، تتحول بعض الخلايا إلى خلايا عصبية، وبعض آخر يكوّن الأنسجة التى تتحول فيما بعد إلى القلب. كما تتحول بعض الخلايا فيما بعد إلى خلايا مكوّنة للأمعاء والكلية. وجدير بالملاحظة أن جميع هذه الخلايا المختلفة تحتوى على صورة طبق الأصل من جميع الجينات التى كانت فى البويضة الملقحة.

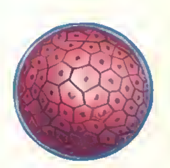
وكيف ينمو البنون والبنات، يا أستاذنا؟



فى بداية الأمر تنمو جميع الأجنة بنفس الطريقة. ثم يتبع ذلك عملية تنشيط لجين مهم. ولكن فقط فى الأجنة التى عندها الكروموسوم Y. فهذا الجين المهم يصنع بروتينا من نوع خاص، يتجه إلى مجموعة أخرى من الجينات ويوقظها من نومها لكى تنشط وتعطى التعليمات بإنتاج بروتينات جديدة. ويؤدى هذا إلى إنشاء نوع معين من الخلايا التى تتعاون بعضها مع بعض لتكوين الخصيتين. فهذه الأعضاء هى الموقع الذى يتم فيه تصنيع هرمونات الذكورة التى تحول الجنين إلى صبىّ ثم إلى رجل فى وقت لاحق.



ويوجد الجين المسئول عن تكوين الصبىّ على كروموسوم Y فقط. لقد ذكرنا سابقا أن خلايا أجسامنا تحتوى على زوجين - أى على ثنائى - من الكروموسومات مسئولين عن تحديد جنس المولود ونسميها بكروموسومات الجنس. ونشير إلى هذين الزوجين فى خلايا البنت بكروموسومات XX. أما فى خلايا الولد فنشير XY. ولكن الخلايا الجنسية مثل البويضة والحيوان المنوى لا تحتوى على ثنائيات من الكروموسومات. وإنما على مجموعة من الكروموسومات الفردية. وهذا يعنى أن البويضة تحتوى على كروموسوم جنس واحد وهو X أما الحيوان المنوى فله اختياران. إما أن يحتوى على كروموسوم X. وإما أن يحتوى على كروموسوم Y. فعندما تلقح البويضة بحيوان منوى يحتوى على كروموسوم Y يتولد عن هذا الحدث نمو الجنين ليصبح صبيا. وإذا احتوى الحيوان المنوى على كروموسوم X فإن ذلك يؤدى إلى تكوين بنت. فخلية البويضة لا تساهم إلا بكروموسوم X لأن خلايا الأم لا تحتوى إلا على كروموسومات X). أما الحيوان المنوى فهو يستطيع أن يساهم إما بكروموسوم X وإما بكروموسوم Y. وعلى هذا الأساس فإن خلية الحيوان المنوى القادمة من الأب هى التى تحدد جنس الطفل.



وبعد تسعة أشهر من الحمل يولد الطفل الرضيع الذى يستمر فى النمو حتى العشرين من عمره. وتحتوى أجسام الذكور من الأطفال على خلايا الحيوانات المنوية، وأجسام الإناث من الأطفال على خلايا البويضات. فهذه الخلايا الجنسية من الذكر والأنثى هى التى تندمج بعضها مع بعض لتنقل جينات الأم والأب إلى الأجيال القادمة.

X Y

Y

X

X

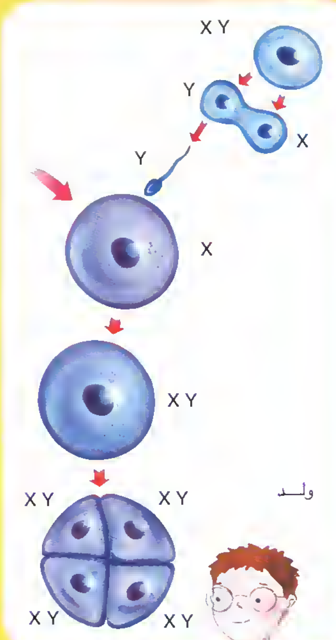
X

X X

X X X X

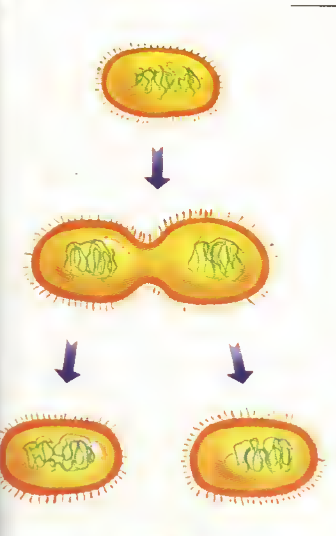
بنــت

X X X X





لمـاذا نحتـاج
إلى الوالدين لكى نولد ؟



إن الكائنات الحية التى تتكون من خلية واحدة فقط ، مثل البكتريا . تتكاثر بطريقة بسيطة للغاية . فخلية البكتريا تنقسم إلى خليتين، كل واحدة منهما تحتوى على نسخة طبق الأصل من جينات الخلية الأصلية (الخلية الأم)، وتسمى هذه الطريقة بالانقسام الثنائى. فخلية البكتريا ليس لها أب أو أم بالمعنى الذى نعرفه ، فهى تقوم بعمل الوالدين معا. وعلى نفس المنوال تتصرف خلايا أجسامنا، فهى تتكاثر مثل البكتريا بالانقسام . وعندما يحتاج الجسم إلى خلايا جلد أو خلايا كبد جديدة، فإن خلايا كل عضو تبدأ فى الانقسام وتستمر حتى تتكوّن الخلايا الجديدة بالكمية المطلوبة.

ولكن الحال أكثر تعقيداً بالنسبة للبشر ومعظم الحيوانات والنباتات ، وذلك للأسباب التالية : السبب الأول، أن أجسامنا تتكون من البلايين العديدة من الخلايا. أما السبب الثانى، فهو أن خلايا أجسامنا لا تظل على حالتها الأولى ، وإنما تتحول، إلى خلايا تتخصص فى القيام بأعمال معينة حتى يصبح لكل نوع من الخلايا شخصيته التى تميزه عن الأنواع الأخرى. فمع أن خلايا الجلد تحتوى على جميع الجينات اللازمة لتكوين إنسان ، إلا أنها لا تفعل ذلك، والسبب أن كل خلية جلد قد ربطت معظم الجينات فيها بأقفال حتى لا تسمح لها بعمل بروتينات، وفى الوقت نفسه تركت بعض الجينات التى تحتاج إليها حرة بدون وثاق لتنتج البروتينات التى تحتاج إليها هى فقط. ولهذا، فإنه عندما تنقسم خلايا الجلد فإنها لا تنتج إلا خلايا جلد فقط ،دون غيرها.

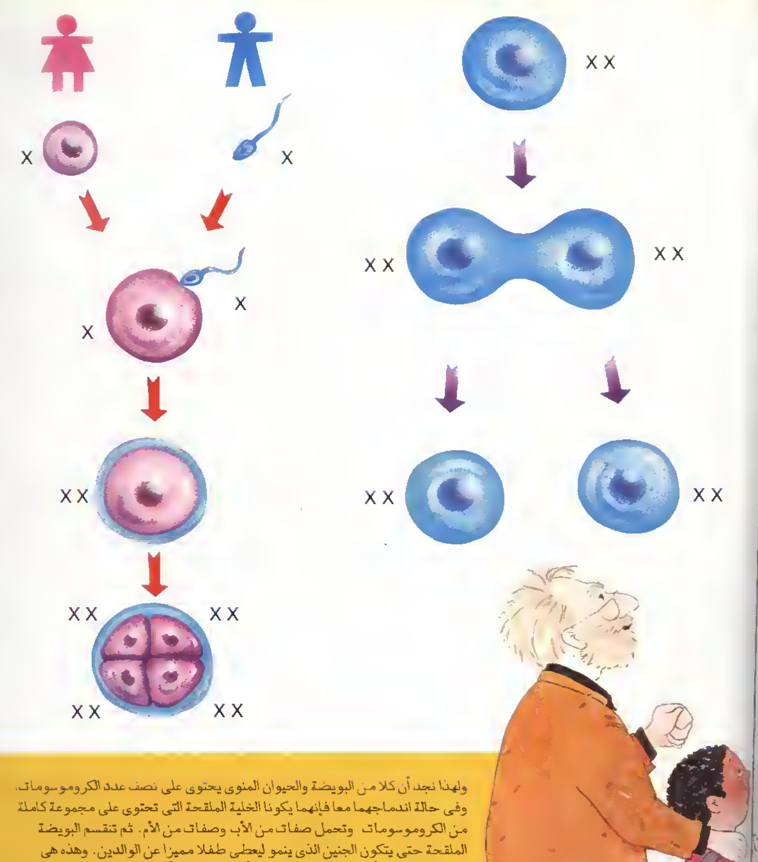
كما أننا لا نستطيع ان ننقسم من المنتصف وفى لمح البصر ... لنتحول إلى طفلين! فالبشر والأشجار والحيوانات مثل الكلاب يحتاجون إلى خلايا غير متخصصة لكى يتكاثروا. وتلك الخلايا هى التى تكون كل الجينات فيها حرة بحيث يمكن تنشيط أى چين فى أى لحظة حسب الحاجة. فتستطيع هذه الخلايا غير المتخصصة أن تنتج جميع الأنواع الممكنة من الخلايا المميزة المتخصصة، مثل خلايا الجلد والخلايا العصبية وخلايا الكبد.

وإليكم المعلومة المهمة التالية : إن البويضة الملقحة فى جسم الأم هى تلك الخلية غير المتخصصة التى نحتاج إليها لكى نتكاثر.



وهل من الممكن أن يولد طفل دون حاجة إلى أب؟

لا. فالبويضة الملقحة لا تستطيع أن تنقسم وحدها، ولهذا فهى تحتاج إلى الكروموسومات الموجودة فى الحيوان المنوى. فلكى يتم تكوين الجنين لابد من وجود مجموعة كاملة من الكروموسومات، أى 23 ثنائيا منها. ولو كان الأمر خلاف ذلك لولد الأطفال بچينات مطابقة تماماً لچينات الأم والجدة وجدة الأم. ولكن فى هذه الحالة سنجد أن معظم أفراد البشر من الإناث ذات الأعمار المختلفة. وبالطبع سوف يؤدى هذا إلى انقراض جنس الرجال !!! وكما نرى يا أصدقائى، فإن هذه الأحداث سوف تعارض القوانين الطبيعية التى أرسى قواعدها خالقنا سبحانه وتعالى. فالقوانين الطبيعية خططت بحيث تختلف چينات الأطفال عن چينات الوالدين حتى يتم إنتاج ذريات ذات صفات جديدة.



ولهذا نجد أن كلا من البويضة والحيوان المنوى يحتوى على نصف عدد الكروموسومات. وفى حالة اندماجهما معا فإنهما يكونا الخلية الملقحة التى تحتوى على مجموعة كاملة من الكروموسومات وتحمل صفات من الأب وصفات من الأم. ثم تنقسم البويضة الملقحة حتى يتكون الجنين الذى ينمو ليعطى طفلا مميزا عن الوالدين. وهذه هى حكمة الخلق كما أرادها مدبر هذا الكون، أن يكون هناك أفراد مختلفون لينتجوا شعوبا مختلفة تتعارف وتتبادل المنافع.

ويتميز الطفل الذى ينشأ من الخلية الملقحة بأنه يحمل جينات انتقلت إليه من شخصين، من والديه. وكل واحد من الوالدين هو الآخر قد ورث جيناته من شخصى الجد والجدة ... وهكذا تستمر عملية نقل الجينات والصفات من جيل لآخر.

خلطة الچينات

نطلق على كل من البويضة والحيوان المنوى اسم الخلايا الجنسية، كما أن الطريقة التى تتحد بها هاتان الخليتان لتكوين طفل جديد تسمى بالتكاثر الجنسى.

وهل تنمو الخلايا الجنسية من خلايا الجسم الطبيعية؟

نعم، هذا صحيح. ولكن عملية النمو هذه تتم بطريقة خاصة وتتم فى المبيضين فى جسم الأم وفى الخصيتين فى جسم الأب. فهيا لنلقى نظرة على كيفية إنتاج الحيوانات المنوية.

تحتوى الخلايا المنتجة للحيوانات المنوية على 23 ثنائيا من الكروموسومات. فكيف إذن تنتج الحيوانات المنوية التى تحتوى على نصف هذا العدد؟

ولماذا لا تتوزع الكروموسومات إلى نصفين؟

حسنا، ربما يبدو هذا بسيطا؛ أن تنقسم الخلية إلى اثنتين وتنقل نصف الكروموسومات إلى حيوان منوى والنصف الآخر إلى الحيوان المنوى الثانى. ولكن الحقيقة أن الأمر ليس بهذه البساطة.

فقبل أن تنقسم الخلية إلى خليتين تحدث عملية انقسام الكروموسومات، وهى تتم كالآتى: أولا: تختلط الكروموسومات بعضها مع بعض جيدا. ثم تتحرك الكروموسومات المتشابهة لتتزاوج بحيث إن الكروموسومين المكونين لكل زوجين يتحركان معا. ويقف كل منهما بمحاذاة الآخر ويقتربان حتى تصبح الچينات المتشابهة وكأنها تتقابل وجها لوجه. وعندئذ يتقطع الكروموسومان فى نفس المواقع. ثم ترتبط قطعة من كروموسوم مع قطعة من الكروموسوم الآخر ليكوّنا فى النهاية زوجين من الكروموسومات المخلطة. أى أن كل واحد منهما يحتوى على أجزاء من الآخر (لاحظ الأجزاء الخضراء والزرقاء المكونة للكروموسوم الواحد). وتحدث هذه العملية فى كل الكروموسومات المتزاوجة.

والآن وفقط بعد هذا التخليط العشوائى بين قطع الكروموسومات، تصبح الخلايا المنتجة للحيوانات المنوية على استعداد للانقسام. فتنقسم الكروموسومات بالتساوى بين الحيوانات المنوية الجديدة. وبهذا يحصل كل حيوان منوى على خلطة من الچينات مميزة، ولا توجد فى الحيوان المنوى المجاور له (لاحظ اختلاف الأجزاء الخضراء والزرقاء فى كل حيوان منوى). وبهذه الطريقة، يرث كل طفل من أبيه خلطة عشوائية من الچينات التى ورثها والده من والديه.

وتحدث نفس خلطة الكروموسومات فى الخلايا التى تنتج البويضات. وأيضا تحصل كل بويضة على خلطة من الچينات المميزة والخاصة بها مما يجعل الچينات فى أى بويضة تختلف عن الچينات فى البويضة الأخرى. وبالطبع يؤدى هذا إلى إنتاج طفل له خلطة مميزة من الچينات خاصة به وحده، وهى نفس الخلطة التى كانت فى البويضة الملقحة التى نشأ منها. فكل طفل يحصل على تشكيلة فريدة من الچينات لم تظهر من قبل على هذا الكوكب ولن تظهر أبدا مرة أخرى. فكل واحد منا له صفاته الفريدة والخاصة به التى تميزه عن والديه وإخوته وأخواته.

نرى هنا عملية إنتاج الخلايا الجنسية التى تحدث فى نواة الحيوان المنوى أو نواة البويضة.

1

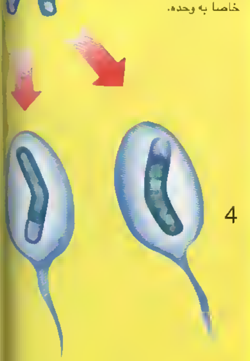
1 – سوف نبدأ بخلية منتجة للحيوانات المنوية، وهى تحتوى على 23 ثنائيا من الكروموسومات مثل أى خلية فى الجسم. ولتوضيح ما يحدث، سوف ننظر إلى زوجين من الكروموسومات.

2

2 – يلتصق الكروموسومان فى الزوجين بعضهما ببعض (الأخضر بالأزرق) ويوجد على كل واحد منهما نفس النوع من الچينات التى تؤدى نفس الوظائف وتحتل نفس الموقع فى الكروموسومين. والآن يحدث الإنجاز المهم: تتكسر سلسلتا الدنا فى الكروموسومين فى نفس الموقع وتعبر الأطراف الحرة الخاصة بالكروموسوم الأول لتلتحم مع الأطراف الحرة الخاصة بالكروموسوم الثانى. وبهذا يصبح كل كروموسوم خليطا من الاثنين.

3

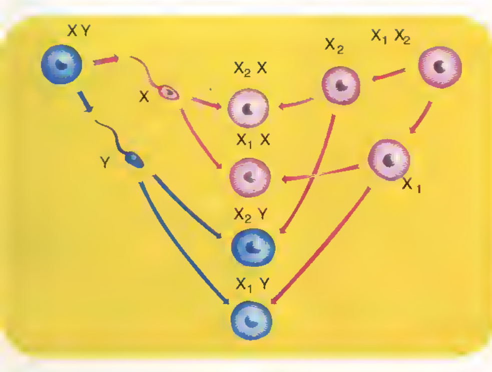
3 – وبعد خلط الچينات، فإن الكروموسومين يبتعدان بعضهما عن بعض مرة أخرى فلقد تسلم كل كروموسوم خليطا فريدا من الچينات خاصا به وحده.



4

ولماذا يكون عدد المواليد من البنات والأولاد متساويا؟

هيا بنا نفكر ونبحث فى هذا الأمر معا. الخلية التى تنتج البويضة تحتوى على اثنين من كروموسومات X ولنشر إليهما بـ X1 وX2. ومن البديهى أنه عندما تنقسم فإن كل خلية جديدة (بويضة) سوف تحصل على كروموسوم X واحد فقط. أى أن البويضة الجديدة من الممكن ان نسميها بويضة X1 أو بويضة X2 على حسب كروموسوم الـ X الذى تحصل عليه. ونفس الشيء ينطبق على الخلايا التى تنتج الحيوانات المنوية. فهذه الخلايا تحتوى على كروموسوم X وكروموسوم Y. وعندما تنقسم فإن خلية حيوان منوى



تحصل على كروموسوم X (نسميه حيوان منوى X). والخلية الأخرى تحصل على كروموسوم Y (نسميه حيوان منوى Y).

وعندما تخلط البويضات مع الحيوانات المنوية، فإن هناك أربعة احتمالات للبويضة المخصبة :

1- أن تندمج بويضة X1 مع حيوان منوى X ليكونا البويضة المخصبة X1X التى تنتج بنتا.

2- أن تندمج بويضة X1 مع حيوان منوى Y ليكونا البويضة المخصبة X1Y التى تنتج صبيا.

3- أن تندمج بويضة X2 مع حيوان منوى X ليكونا البويضة المخصبة X2X التى تنتج بنتا.

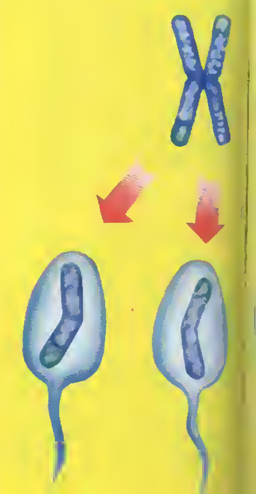
4- أن تندمج بويضة X2 مع حيوان منوىY ليكونا البويضة المخصبة X2Y التى تنتج صبيا.

وكما ترون ، فإن نصف الاحتمالات يعطى بنين والنصف الآخر يعطى بنات. ولكن فرصة أن يحصل الوالدان على ابن أو بنت هى فرصة تعتمد على الصدفة. أى تعتمد على حدوث أى احتمال من الأربعة . فبعض العائلات تنجب بنين فقط. وعائلات أخرى تنجب بنات فقط. وعلى العموم، فإننا نجد أن عدد البنات يساوى عدد البنين الذين يولدون كل عام فى العالم كله.



4 - والآن تبدأ الخلية فى الانقسام، فتنتج خليتين من الحيوانات المنوية. فتحصل الخلية الاولى على واحد من زوجى الكروموسومات المختلطة الجديدة، وتحصل الخلية الثانية على الكروموسوم الثانى. ثم ينقسم كل حيوان منوى إلى اثنين، فيتكون بذلك أربعة من الحيوانات المنوية وبذلك تصبح الجينات الموجودة فى خلية أى حيوان منوى مختلفة عن جينات خلية الأب، ومختلفة أيضا عن جينات أى حيوان منوى آخر فى الوجود.

ونفس الأحداث السابقة تنطبق على البويضات. وأخيرا، أريد أن أذكركم بأن الخلايا الجنسية (البويضة والحيوان المنوى) لا تحتوى على كروموسومات مزدوجة بل على كروموسومات فردية ولكن عندما تتحد هذه الخلايا الجنسية بعضها مع بعض تتكون البويضة الملقحة التى تحتوى الآن على 23 ثنائيا من الكروموسومات. فالبويضة الآن معدة ومهيأة لتتكاثر وتتكاثر حتى يتكون الطفل الوليد.



من كل چين، اثنان !



تحتوى جميع خلايانا (ماعدا الخلايا الجنسية) على حصتين من الچينات المتشابهة. وإذا نظرنا إلى زوجى الكروموسومات المتماثلة فإننا نجد أن الچينات المتشابهة عليها تقع على نفس المستوى أمام بعضها. فكل اثنين من الچينات المتشابهة يحتويان على معلومات لصنع بروتين معين، كما يتم تنشيطهما معا وخمد نشاطهما معا.

وعادة ما تكون الچينات على كل زوجين من الكروموسومات متشابهة. وفى بعض الحالات تتخذ أزواج الچينات أشكالا وصورا مختلفة (alleles). مثلا، الچينات التى تحدد لون الشعر تأتى فى أشكال مختلفة. فمثلا، قد يحتوى الچين الذى جاء من الأم على معلومات تقول: "اجعل لون الشعر أسود". ويحتوى الچين الذى جاء من الأب على معلومات تقول: "اجعل لون الشعر أشقر". فيقوم كل واحد من الچينات المتماثلة بإنجاز ما يريده. فماذا سيكون لون شعر الطفل؟

هل سيكون الشعر خليطا بين أسود وأشقر؟

لا، فهذا مستحيل. لأنه إذا حدث هذا فإنه يعنى أن الخلايا فى جذر شعرة ما عليها أن تختار واحدا من أشكال الچينات (الچين الذى ينادى بالشعر الأسود) والخلايا فى جذر شعرة أخرى عليها أن تختار الشكل الآخر للچين (الذى ينادى بالشعر الأشقر). ولكن هذا الاختيار الحر لا يحدث فى الحقيقة. فالذى يحدث هو انتصار الچين الذى ينادى بالشعر الأسود. ويكمن السبب فى أن الچينات الخاصة بالشعر الأسود أقوى من الچينات الخاصة بالشعر الأشقر. ولهذا نطلق على چينات الشعر الأسود «الچينات السائدة». فهى تنتج كميات مختلفة من البروتين فى جذر كل شعرة. أما الچينات التى لا تسود على الرغم من وجودها فإنها تسمى «الچينات المتنحية».

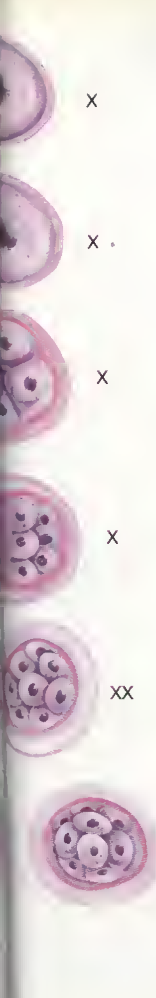
وفى بعض الأحيان يكون أحد الچينات غير سليم. ولا يستطيع أن ينتج البروتين السليم أيضا. وبالطبع فى حالة نقص البروتينات المهمة من الجسم فإننا نصبح مرضى. ولكن، لحسن الحظ، هناك شكلان لكل چين. فإذا حدثت مشكلة مع أحد الچينات يقوم الشكل الآخر للچين بالعمل وينهيه على خير وجه. وإذا كان هناك چين غير سليم ولم يتسبب فى حدوث أى أمراض فإننا نعتبر هذا الچين متنحيا.

وهل تنتُج جميع الأمراض من چينات غير سليمة؟

بالتأكيد لا. فنحن نمرض عندما نصاب بالأمراض المعدية التى تسببها البكتريا والڤيروسات، وليس بسبب الچينات غير السليمة. ومع ذلك، فإن الچينات تساهم فى استعداد الجسم لمحاربة العدوى. أما الأمراض التى تنتج بسبب چينات غير سليمة، فهى الأمراض الوراثية - أى التى يرثها الإنسان من والديه مثل مرض الهيموفيليا أو سيولة الدم.



حالات التوائم والأخوة الآخرين



والآن يا أصدقائى ، يتضح لنا لماذا يأخذ الطفل صفة الأنف القصير من جده والشعر الأشقر من جدته بالرغم من سواد شعر وطول أنف والديه. فإذا اجتمع الچينان المسئولان عن صفة الشعر الأشقر أو عن صفة الأنف القصير فى الدنا الخاص بالطفل فإن هذين الچينين يحددان شكل الطفل على الرغم من عدم تأثيرهما فى الوالدين (لأنهما لم يجتمعا معا بنفس الطريقة فى الدنا الخاص بالوالدين).

وهناك الآلاف العديدة من التشكيلات المختلفة للچينات التى تحدد صفة معينة. ففى كل مرة تخصب فيها أى بويضة، يتم تكوين تشكيلة أو خلطة جديدة من الچينات تختلف عن أى تشكيلة سبقتها. خذ مثلا على ذلك صفة لون الشعر. فكما تعلم، هناك آلاف الدرجات المختلفة للون الشعر وتجيء كل درجة من تشكيلة چينات معينة. وينطبق الشيء نفسه على كل الصفات الأخرى مثل شكل الأنف، حجم الجسم ، نبرة الصوت ، وحتى الصفات المعقدة التركيب مثل الموهبة الموسيقية. ولهذا فهناك الآلاف العديدة من الطرق المختلفة التى تجعلنا نحن البشر مختلفين فيما بيننا. وتتحدد الكثير من الصفات بواسطة العشرات وحتى المئات من الچينات التى تتفاعل بعضها مع بعض لتحديد صفة معينة. فالصفات التى نتخذها ما هى إلا نتاج التشكيلة الفريدة والمميزة من الچينات التى نرثها من الوالدين والأجداد وجميع أسلافنا السابقين.

وماذا عن حالة التوائم يا أستاذنا؟

بالطبع تختلف چينات التوائم عن چينات الوالدين. وتتميز حالة التوائم المتشابهة بوجود شخصين يحملان نفس التشكيلة من الچينات. والسبب فى ذلك هو أن التوءمين المتشابهين ينشآن من نفس البويضة المخصبة. فبعد أن تنقسم البويضة لتكوّن أول كرة صغيرة من الخلايا غير المميزة تنقسم هذه الكرة إلى نصفين، وينمو كل نصف مستقلا عن الآخر فينتج بذلك جنينان متشابهان فى كل شيء. ولا تحدث هذه العملية إلا فى حالات نادرة. ويتكون - فى هذه الحالة فقط - شخصان لهما نفس التشكيلة من الچينات مما يؤدى إلى تشابه كبير يصعب معه التمييز بينهما. فنجد أن التوءمين المتشابهين يحملان نفس الجنس ونفس لون الشعر والعينين ...إلخ. وغالبا ما نجدهما يشتركان فى معظم العادات والسلوك. وإذا تم فصل واحد من التوءمين عن الآخر ليعيش بعيدا مع عائلة أخرى فسوف نجدهما ، على الرغم من ذلك ، يشتركان فى بعض أو ربما معظم عاداتهما وسلوكهما .

وتحتوى نسخ الكائنات الحية وهى ما تسمى Clones على نفس التشكيلة من الچينات. ولهذا فإن التوءمين المتشابهين يعتبران نسختين متطابقتين تكونتا عن طريق الصدفة.

وبلا شك هناك توائم من نوع آخر يختلف بعضها عن بعض فى الصفات، وذلك لأنها تختلف فى الچينات. ونطلق على هذا النوع اسم التوائم المتآخية، حيث يتكون التوءمان من بويضتين مخصبتين مختلفتين (كل بويضة مختلفة وخصبت بحيوان منوى مختلف). وعلى هذا الأساس فإنه إذا تم تخصيب أكثر من بويضة فى نفس الوقت، ينتج عن هذا تكوين أخوة وأخوات يحملون چينات مختلفة. ولهذا نجد أن التوءمين المتآخيين يختلفان فى الشكل والجنس مع أنهما يشتركان فى يوم الميلاد.


X
X
X
X
Y
X
X
YX
YX
XX
XX

الچينات المريضة

تعتبر الكائنات الحية ، مثل البشر والحيوانات ، كائنات محظوظة لأن الله تعالى قد حباها بحصتين من الچينات لكل صفة (حصة من الأب وحصة من الأم). وهناك فائدتان لذلك. أولاهما أن هاتين الحصتين من الچينات تجعلاننا مختلفين في الصفات والسلوك. أما الثانية والأهم فهي أنه يوجد چين احتياطي لكل چين . وتظهر فائدته الكبرى في حالة إصابة أحدهما .

وهل يكون لچين واحد غير سليم أى تأثير؟

حسنا ، في أغلب الأحيان تكون الچينات غير السليمة متنحية (أي أن أثرها لا يظهر على الرغم من وجودها). فنحن نعلم أن وظيفة الچينات هي إنتاج البروتينات. وفي حالة وجود چين غير سليم ، فإنه إما أن يفشل في إنتاج البروتين الخاص به و إما أن يؤدي إلى إنتاج بروتين غير سليم (لا يؤدي عمله كما يجب). ومن حسن الحظ أنه في حالة إصابة چين فإن الچين الآخر الخاص بنفس الصفة يعوض النقص ويقوم بنفس العمل على أحسن وجه. فيقوم هذا الچين السليم بإنتاج البروتين المطلوب . ومن الممكن أن نشبه هذه العملية بطائرة في السماء يمرض قائدها فجأة فيأخذ القائد الاحتياطي زمام الأمور حتى تصل الطائرة إلى غايتها بالسلامة. وبالطبع ، فإن الركاب في هذه الحالة لا يشعرون بما يجري إذ يكون قائد الطائرة في حالة "متنحية". ولحسن الحظ فإنه من النادر أن يمرض قائدا الطائرة في الوقت نفسه . كما هو من النادر أن نرث چينين غير سليمين.

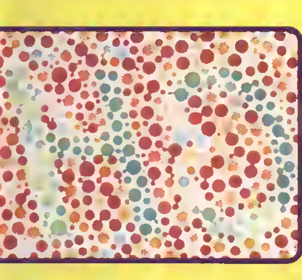
ولكن في بعض الحالات يكون لچين واحد غير سليم تأثير كبير. ومثلنا هنا هو البروتين الذي يساعد على تخليص الجسم من السموم. فإذا أصبح أحد الچينين (الخاصين بهذا البروتين) غير سليم، فإن ذلك يعني أنه سيتم إنتاج البروتين بواسطة الچين الآخر. أي أن كمية البروتين التي سوف تنتج ستكون نصف الكمية الطبيعية. وبالطبع ، سوف يؤدي هذا إلى تراكم السموم ، بالضبط مثلما يحدث عندما تتراكم القمامة بسبب تعطل نصف عربات نقل القمامة في المدينة. وفي هذه الحالة ، سوف يعاني المرضى من أعراض مرض وراثي بسيط على الرغم من أنهم يحملون الچين السليم الآخر.

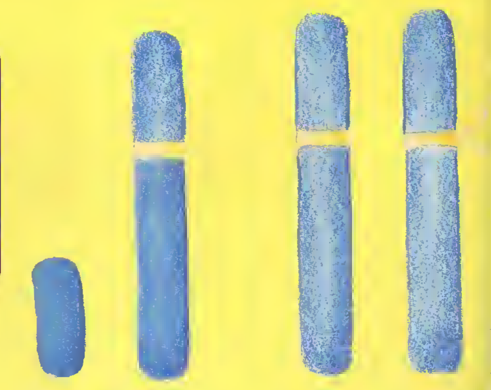
وهل توجد چينات لا يكون لها چينات احتياطية؟

نعم ، للأسف. هل مازلتم تتذكرون أن البنين عندهم كروموسوم X بالإضافة إلى كروموسوم Y؟ حسنا، كروموسوم X هذا يحتوي على چينات غاية في الأهمية لا توجد في كروموسوم Y ، فبعضها يساعد في إنتاج البروتينات التي تكون الجلطة في حالة الجروح. وبدون هذه البروتينات فإن سيل الدم لن يتوقف حتى في حالة الجروح الصغيرة. وهذا ما نطلق عليه اسم مرض سيولة الدم أو الهيموفيليا. والآن عرفنا لماذا يكون معظم مرضى سيولة الدم من البنين.

يوجد الچين المسئول عن تمييزنا للألوان على كروموسوم X في زوجي الكروموسومات رقم 23 (ويسميان زوجي كروموسومات الجنس). وكما تعلمون فللبنات اثنان من كروموسومات X ، فإذا كان أحد چينات اللون غير سليم ، فإن البنت سيكون لديها چين احتياطي على كروموسوم X الآخر. وبالتالي لن تعاني البنت من أي مشكلات في تمييز الألوان. أما في حالة البنين، فالأمر يختلف تماما، فالبنون لديهم كروموسوم X واحد فقط، وإذا حدث وكان چين الألوان الوحيد لديهم غير سليم فإنهم سوف يصابون بعمى الألوان.







انظروا جيدا إلى هذه الصورة أمامكم. هل يمكنكم التعرف على شكل «CH» ؟ فإذا قرأها أحدكم وكأنها «31» فربما يدل هذا على ان هناك مشكلة فى تمييز الالوان، ومن الأفضل أن تسأل والديك عن وجود أقارب لك مصابين بعمى الألوان.



وهل يوجد عند البنات چين احتياطى خاص بتجلط الدم؟

نعم. فالبنات والسيدات عندهن اثنان من كروموسومات X يحتويان على نفس الچينات بما فيها چينات تجلط الدم. وعلى العكس من ذلك، فالبنون ليس لديهم چين احتياطى لأن لهم كروموسوم Y بدلا من كروموسوم X الثانى. ولهذا فإنه إذا أصيب چين التجلط فى الصبى فسيعانى من مرض سيولة الدم.

وبالمناسبة، فهناك بعض الچينات المهمة الأخرى التى توجد على كروموسوم X. فالچين الذى يجعل العين تميز بين الأحمر والأخضر يوجد على هذا الكرموسوم. وإذا أصيب هذا الچين فإنه يؤدى إلى الإصابة بعمى الألوان. ولهذا السبب نجد أن البنين غالبا ما يصابون بعمى الألوان أكثر من البنات. فالبنون عندهم نسخة واحدة من هذا الچين، أما البنات فلديهن نسخة احتياطية لهذا الچين.

الطفرات الچينية

تتصف الخلايا بمهارة فائقة فى نسخها للشريط الوراثى الدنا. ففى كل ثانية من حياتنا ، تنقسم أعداد هائلة من الخلايا وتنتج معها نسخا من بلايين الحروف الوراثية. وفى حالات نادرة فقط ، يحدث خطأ فى چين فى خلية ما ولكنه عادة لا يتسبب فى أى مشكلات. وذلك لأنه يوجد چين احتياطى يعوض النقص فى هذه الخلية. أضف إلى ذلك أن هناك الملايين من الخلايا الأخرى التى تستطيع أن تقوم بوظائف الخلية المريضة.

ويكون للأخطاء فى الچينات تأثير كبير عندما تحدث فى الخلايا الجنسية. لأن خلايا كل من البويضة والحيوان المنوى تنقل جميع چيناتها بما فيها غير السليمة إلى جميع خلايا جسم الطفل بما فيها الخلايا الجنسية. ونطلق على هذا النوع من الأخطاء الچينية اسم «الطفرات». وهى عبارة عن تغيرات تحدث فى الچين الموجود فى الخلايا الجنسية. وبالتالى فإنها تنتقل إلى الأجيال الجديدة فى المستقبل.

تتخذ خلايا الدم الحمراء الموجودة فى أجسام الأمريكيين من أصل إفريقى شكل المنجل، على العكس من الخلايا الطبيعية التى تتخذ شكل القارب المطاط. فهذه الخلايا المنجلية تكون أكثر ضعفا من الخلايا الطبيعية المستديرة. وينتج هذا الشكل المنجلى من تغيير حمض أمينى واحد فقط فى بروتين يسمى بالهيموجلوبين.

وماذا يحدث للچينات ذات الطفرات؟

كما قلنا سابقا ، لا يكون للچين ذى الطفرة أى تأثير مادام هناك نسخة أخرى سليمة من هذا الچين تعوض النقص وتقوم بالعمل الواجب عليها. وبالطبع يتم نقل الطفرة إلى الأطفال مثلما ينقل الچين السليم.

وفى بعض الحالات يكون لكل واحد من الأب والأم صورة من چين يحتوى على طفرة وصورة سليمة من نفس الچين. وهناك بضعة احتمالات بخصوص نقل الطفرة إلى طفلهما. وأحد هذه الاحتمالات أن يحصل الطفل على نسختين من الچين السليم (نسخة من الأب ونسخة من الأم) وهذا الأفضل بالطبع. والاحتمال الأسوأ أن يحصل الطفل على نسختين من الچين ذى الطفرة (لأن كل واحد من الوالدين لديه نسخة منه). وفى هذه الحالة يصبح الطفل مريضا على الرغم من كون والديه سليمين (لأن كل واحد منها عنده چين سليم احتياطى). وهناك مئات الأنواع من الأمراض الوراثية التى يعانى منها بعض البشر. ومعظم هذه الأمراض لا يتم الشفاء منها بسهولة. كما أن المرضى فى هذه الحالات يتعاطون الأدوية بصفة مستمرة طوال حياتهم.



وهل تكون الطفرات خطيرة فى جميع الحالات؟

إطلاقا. فبعض الطفرات تكون مفيدة وحميدة وطريفة جدا. والحقيقة أننا جميعا نتاج طفرات حميدة حدثت فى أجسام أسلافنا السابقين ، ونتج عنها صفات مثل الأنف القصير ، والشعر الأحمر ، أو شحمة أذن لها شكل معين. فهذه الطفرات فى الچينات تنتج أشكالا متنوعة من الناس من حولنا. وهذا الاختلاف شىء حسن كما أعتقد. فإننا نريد أن نتعرف ونميز بين الناس من أول نظرة. أليس كذلك؟

وتنتج بعض الطفرات تغييرات مفيدة أخرى مثل وجود صفة الجلد الأسمر اللون عند الناس الذين يعيشون فى المناطق الحارة ذات الشمس القوية. فالجلد الأسمر يتحمل أشعة الشمس أكثر من الجلد الفاتح اللون. ذلك لأن خلايا الجلد الأسمر تنتج كمية أكبر من البروتين الذى يصنع مادة الميلانين التى تحمى الجلد من حروق الشمس. وعلى العكس من ذلك ، فإن



الجلد الفاتح اللون يناسب الذين يعيشون فى مناطق مشمسة بدرجة بسيطة. فالجلد الفاتح اللون يكون مفيدا لأنه يسمح بدخول أشعة الشمس الضرورية لإنتاج بعض الڤيتامينات الضرورية للجسم.

وينقل البشر وجميع الكائنات الحية الطفرات الحميدة إلى ذريتهم. ولكن الأمر يستغرق أجيالا عديدة حتى تنتشر هذه الطفرات المفيدة. فالطفرات فى الچينات تسمح للكائنات الحية بأن تكيف نفسها مع مختلف البيئات.



الچينـــات
ليســت كل شـــىء

ها قد وصلنا إلى نهاية رحلتنا فى عالم الچينات، فنحن الآن نفهم ما يقوله البعض : إن شخصا ما له عيون مثل أبيه ، وأنف مثل جدته ، أو حتى عمى ألوان مثل جده. وبالطبع فنحن لا نرث العيون ولا الأنف ولا أى عضو آخر. ولكننا نرث الچينات التى تأمر خلايا الجسم باختيار لون معين للعين وشكل معين للأنف ، وتأمر الخلايا بإنتاج البروتينات الضرورية اللازمة للتمييز بين اللونين الأخضر والأحمر.

وكما هو واضح الآن، فإن الچينات هى المسئولة عن تحديد الصفات التى يرثها الإنسان. ولكن الإنسان أكبر من أن يحدد بمجموعة صفات يرثها من والديه. ولنأخذ مثلا على ذلك حالات التوائم المتشابهة. فهذه التوائم عندها نفس التشكيلة من الچينات، وتتشابه فى الشكل والصفات الخارجية وبعض السلوكيات. وعلى الرغم من هذا فإن كل توءم له شخصيته الخاصة به التى تميزه عن أخيه التوءم ، مثل أى إنسان آخر على الأرض. فكل واحد منا يشعر ويفكر ويتصرف بطريقة مختلفة تميزه عن الآخرين. والفضل فى ذلك كله بالطبع لمعجزة المعجزات : المخ.

وهل يوجد چين خاص بالذكاء ، يا أستاذنا؟

بالطبع لا يوجد مثل هذا الچين. فالمخ عضو معقد بطريقة يصعب تخيلها، بحيث إن الصفات مثل الذكاء أو الموهبة الموسيقية لا تتحدد بچين واحد، ولكنها نتاج تفاعل يحدث بين المئات العديدة من الچينات. ولهذا فإنه من المستحيل تقريبا أن نحدد الچينات التى تتعاون بعضها مع بعض لتجعل طفلا أكثر تفوقا فى الحساب من طفل آخر ، أو تجعل طفلا يتعلم النغمات بطريقة أسرع من غيره، أو أن يصبح اجتماعيا أكثر من الآخرين.

وجدير بالذكر أن المخ لا يتحدد بالچينات وحدها. فالچينات تحدد بالتقريب عدد الخلايا فى المخ ، ولكنها لا تحدد للخلايا العصبية فى المخ عدد الخلايا العصبية الأخرى التى يجب أن ترتبط بها. وهنا يكمن الفرق الأساسى بين تأثير الچينات واستقلالية المخ. فكلما استخدمنا المخ فى عمليات التفكير وتحليل الأمور ونشطنا ذهننا كثيرا ، فإن الخلايا العصبية تتأثر من عمليات التفكير وتتفرع لتكون وصلات جديدة بينها وبين الخلايا العصبية الأخرى . وهذه الوصلات بين الخلايا العصبية هى التى تجعلنا أذكياء. فكلما زادت الوصلات بين الخلايا العصبية زادت نسبة الذكاء. فكل واحد منا عنده مواهبه الخاصة بجانب ضعفه فى صفات أخرى. وعلى الرغم من أن قلة من الناس سوف تصبح عبقرية مثل موزارت أو أينشتين ، فإن كل واحد منا يستطيع أن يستخدم طاقاته ومواهبه بطريقة أكثر كفاءة لكى يصل إلى المستوى الأفضل الذى يتمناه. فمن يدرى ؟! فبالتدريب والاجتهاد والسعى الدائم نحو العلم و المعرفة، وبتوافر الظروف الملائمة، من الممكن أن يكون هناك أينشتين آخر.

وبهذا ترون يا أصدقائى أن الإنسان يتميز وحده بقدرته على التدخل فى مصيره بعض الشىء بحيث لا يكون مسيرا بالچينات. فنحن نفكر لأنفسنا ونقوم بعمل الخطط للمستقبل. بل إننا نستطيع أن نبحث فى أمور معقدة مثل كيفية أن تتحول خلية صغيرة لتصبح شخصا كاملا مثلكم ومثلى، ودور الچينات فى هذه العملية أن تمدنا بالخطط لبناء الجسم بما فيه المخ. ولكن الأمر يعتمد علينا نحن فى اختيار مصيرنا فى الحياة.

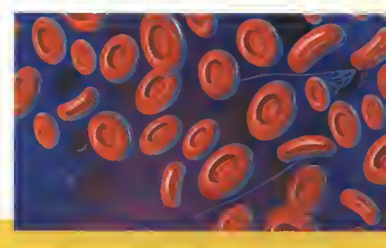


مـــاذا تتذكــر؟

يتكون كل كائن حى من:

1 - خلية واحدة على الأقل.
2 - خليتين على الأقل.
3 - 46 خلية على الأقل.

الإجابة الصحيحة هى 1. فهناك كائنات حية تتكون من خلية واحدة وتسمى بالكائنات وحيدة الخلايا، مثل البكتريا وبعض الطحالب وخميرة الخبز. أما الكائنات الأخرى مثل الشجر والنمل والبشر فإنها تتكون من خلايا لا تحصى. والخلايا من هذا النوع لا تستطيع أن تعيش مستقلة بمفردها، ولكنها تعتمد بعضها على بعض لتعيش فى كائن حى.



يتخذ الناس أشكالا مختلفة:

1 - لأن عندهم چينات مختلفة.
2 - لأن عندهم آباء مختلفين.
3 - لأنهم يتناولون أطعمة مختلفة.

الإجابة الصحيحة هى 1 و2 و3. فكل واحد منا له خلطة الچينات الخاصة به التى ورثها من أبويه. وبالطبع يلعب الطعام دورا أيضا. فالناس الذين يأكلون قليلا جدا أو يأكلون كثيرا جدا يختلفون فى أجسامهم.

توجد الچينات فى أجسام البشر فى:

1 - نسختين.
2 - نسخ بعدد الخلايا فى الجسم.
3 - 46 نسخة.

الإجابة الصحيحة هى 1. وفى معظم الحالات تكون النسختان (نسخة من الأب ونسخة من الأم) متشابهتان. وتترجمان إلى بروتينين متشابهين. ولكن بعض الچينات توجد فى نسخ مختلفة لتؤدى وظائف مختلفة.

نطلق على نسختى الچين المتشابهتين:

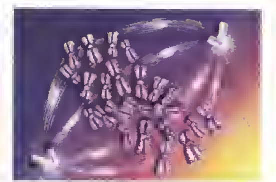
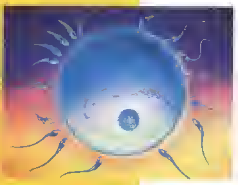
1 - الحلزون المزدوج.
2 - الكروموسومات.
3 - أشكال الچين.

الإجابة الصحيحة هى 3. فالكروموسومات تحتوى على شريط الدنا وتأخذ شكل المكرونة القصيرة وتوجد فى النواة. والحلزون المزدوج هو الشكل الذى يتخذه شريط الدنا عندما تلتف السلسلتان بعضهما حول بعض.

تحتوى الخلايا التى تكون غضروف الأنف والخلايا فى جذور الشعر على:

1 - چينات مختلفة.
2 - چينات متشابهة، ولكن چينات معينة يتم تنشيطها فى كل نوع من الخلايا.

الإجابة الصحيحة هى 2. فالخلايا المختلفة تحتوى على نفس الچينات. والسبب فى ذلك أن العشرة تريليون خلية التى تكوّن الجسم قد نشأت كلها من نفس البويضة الملقحة. ولكن خلايا غضروف الأنف تنشط وتستعمل چينات مختلفة عن التى تنشطها خلايا جذور الشعر. فالخلايا المختلفة تقوم بأعمال مختلفة. ولهذا السبب فإن الخلايا المختلفة تنشط چينات مختلفة لكى ينتج كل نوع البروتينات اللازمة لأداء وظيفته الخاصة.


يتم تنشيط چين معين عندما:

1 - يتم نسخ صورة منه.
2 - يتضاعف.
3 - يخرج من النواة.

الإجابة الصحيحة هى 1. فصورة الچين التى تنسخ هى الرنا الرسول الذى يسافر إلى الريبوسومات (مصانع إنتاج جميع البروتينات). والچين الذى لا ينسخ منه صورة لا يكون له أى تأثير وكأنه نائم لا حول له ولا قوة. أما تضاعف الچينات فيحدث خلال انقسام الخلية ولا يؤثر هذا فى تنشيطها. فالچينات تبقى دائما فى النواة ولهذا تسافر نسخة الچينات (الرنا الرسول) بالنيابة عنها إلى السيتوبلازم.

توجد الأحماض الأمينية فى :

1 - عشرين نوعا مختلفا.
2 - أربعة أنواع مختلفة.
3 - 100 ألف نوع مختلف.

الإجابة الصحيحة هى 1. فباستعمال العشرين حمضا أمينيا تستطيع الخلايا أن تبنى 100 ألف نوع من البروتينات التى يحتاج إليها الجسم. وهناك أربعة أنواع مختلفة من النيوكليوتيدات التى يتكون منها شريط الدنا.

نطلق على خلايا البويضة والحيوان المنوى اسم:

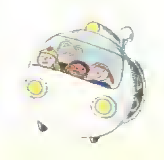
1 - الخلايا الجنسية.
2 - الجنين.
3 - كروموسومات الجنس.

الإجابة الصحيحة هى 1. فخلايا البويضة والحيوان المنوى تحمل بذور الحياة. وعندما يندمجان معا فإنهما يصبحان خلية البويضة الملقحة. وتتكاثر البويضة الملقحة لتصبح جنينا ينمو ويكوّن كائنا حيا. أما كروموسومات الجنس فهى تحتوى على الچينات التى تجعل البنين والبنات مختلفين.

خلية البويضة الملقحة التى تحتوى على كروموسوم X واحد و كروموسوم Y واحد سوف تعطى:

1 - توءما.
2 - صبيا.
3 - بنتا.

الإجابة الصحيحة هى 2. لأن الچينات على كروموسوم Y هى التى تجعل الجنين يبنى أعضاء الذكورة.

تعريفـــات مهمـــة

أجهزة الخلية : Organelles الأجهزة التى تسبح فى السيتوبلازم مثل النواة والميتوكوندريا وهيكل الخلية والريبوسومات والليسوسومات.

الأمراض الوراثية : Hereditary diseases الأمراض التى تنتج من جينات غير سليمة (بها أخطاء) ينقلها الآباء إلى الأبناء مثل مرض الهيموفيليا.

الإنزيمات : Enzymes نوع متخصص من البروتينات تساعد فى تنشيط التفاعلات الكيميائية فى الخلية الحية.

الأنسجة الحية : Cell tissue تتكون من خلايا متشابهة ملتصقة ببعضها البعض.

بدائل الجين : Alleles نسخ مختلفة من نفس الجين. مثلا ، الجينات الخاصة بالشعر الأشقر من الممكن ان تحتوى على بدائل للشعر الأسود.

البروتينات : Proteins وحدات بناء الخلايا والأدوات التى تستخدمها الخلايا فى أداء وظائفها العديدة. فالبروتينات تبنى الخلايا والخلايا العديدة تبنى الكائن الحي. ويوجد 100 ألف نوعا من البروتينات المختلفة التى تعمل مع بعضها فى جسم الإنسان.

التوائم المتشابهة : Identical twins توائم لها نفس الجينات ولهذا فهم نسخ من بعضهم.

الجينات السائدة : Dominant genes نسخ الجينات التى تستخدم فى إنتاج البروتينات.

الجينات المتنحية : Recessive genes نسخ الجينات التى لا تستعمل فى إنتاج البروتينات.

الجينات : Genes أجزاء على الحمض النووى دنا وهى تحتوى على وصفات لصنع البروتينات وتتكون من عدة آلاف من الكلمات الشفرية.

الخلايا : Cells كائنات حية دقيقة. ويتكون جسم الإنسان من مئات الأنواع المختلفة من الخلايا التى تجعله حيا. والمهمة الرئيسية للخلايا هى إنتاج البروتينات. كما تحصل الخلايا على الطعام لتولد الطاقة وتكون وحدات البناء.

خلايا البويضات : Egg cell خلايا تحتوى على 23 كروموسوما فرديا. ولكى تنقسم البويضة وتكوّن جميع الخلايا المختلفة التى يحتاجها الكائن الحى لابد ان تتحد مع حيوان منوى لتصبح مخصبة.

خلايا الجلد : Skin cells هى الخلايا التى تكوّن طبقات تغطى سطح الجسم من الخارج والداخل.

الخلايا الجنسية : Germ cells هى خلايا البويضة والحيوان المنوى فى الإنسان.

خلايا الدم البيضاء : White blood cells توجد منها الأنواع المختلفة.. وتتحرك بصفة مستمرة فى الجسم لتصطاد وتدمر الميكروبات.

خلايا الدم الحمراء : Red blood cells خلايا فى الدم تتخصص فى نقل الأكسجين إلى كل أنحاء الجسم.

خلية الحيوان المنوى : Sperm cells خلية جنسية من الذكر تحتوى على 23 كرموسوما ويتحد مع البويضة ليلقحها.

الدنا : DNA الحمض النووى دنا وهو عبارة عن خيوط رفيعة جدا لها شكل السلم الحلزونى وتحتوى على الجينات.

الرنا الرسول : Messenger RNA جزيء يحمل نسخة من المعلومات على الجين ويأخذها إلى الريبوسومات المصانع الخاصة بإنتاج البروتينات.

الريبوسومات : Ribosomes جسيمات صغيرة فى الخلية تتخصص فى صنع البروتينات.

الطفرات : Mutations تغييرات فى الجين ناتجة عن تغيير فى ترتيب النيوكليوتيدات عليه ومعظم الجينات التى تحمل طفرات غير سليمة ولكن البعض منها يكون مفيدا للكائن. كما أن الجينات ذات الطفرات التى انتقلت إلينا من أسلافنا هى التى تحدد الأشكال المختلفة من الناس حولنا.

عملية الإخصاب : Fertilization هى عملية اندماج الحيوان المنوى مع البويضة.

الكائن الحى : Organism كائن حى قائم بذاته يتكون إما من خلية واحدة مثل البكتريا أو يتكون من بلايين الخلايا مثل النباتات والحيوانات والبشر.

الكروموسومات : Chromosomes معلبات من الحمض النووى دنا تحتوى على الجينات. ويوجد 23 زوجا من الكروموسومات فى خلايا جسم الإنسان.

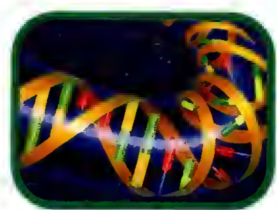
كروموسومات : Xchromosomes الكروموسومات التى تظهر على هيئة حرف الـ X عندما تنفصل الكروموسومات عن بعضها خلال انقسام الخلية.

كروموسومات : Ychromosomes الكروموسومات الصغيرة التى تظهر على هيئة حرف الـ Y المقلوب. وتحتوى خلايا الأولاد على 45 كرموسوما X وكروموسوم Y واحد.

كشـــــاف

عالم الكروموسومات العجيب

المستكشفون الميكروسكوبيون







«**المستكشفون الميكروسكوبيون**» تصطحب قراءها من الفتيان والفتيات ـ وكذلك الكبار المهتمين بالعلوم ـ فى رحلة تعليمية مثيرة فى عالم الخلايا المجهول وما وراءه.

وحتى يمكن الاطلاع على الأشياء الدقيقة، يدخل المستكشفون الميكروسكوبيون داخل الآلة الميكروسكوبية، التى تنكمش بحيث يتضاءل حجمها وحجم من فيها ؛ حتى يصيروا من الصغر بما يمكنهم من :

- دخول الجسم والتعرف على الخلايا.
- رؤية واستكشاف الأعضاء الداخلية ومكوناتها.
- فهم آلية جسم الإنسان، وكيف تعمل أعضاؤه لتستمر الحياة.

وقد قام بكتابة «**المستكشفون الميكروسكوبيون**» فريق مميز من أكفأ العلماء والكتّاب فى مجال الكيمياء الحيوية وكتب الأطفال التعليمية. وهى تقدم شرحًا مميزًا وجذابًا لتلك الأجهزة والعمليات العضوية التى تشكل نمو جسم الإنسان وتطوره وعمله .

فى هذه السلسلة :

- **عالم الخلية العجيب**
- **أبطال جسمك وأشراره**
- **عالم الكروموسومات العجيب**
- **عالم الجينات العبقرية**

دار الشروق

القاهرة 8 شارع سيبويه المـ
رابعة العدوية ـ مدينة نصر ص.ب 33 البانوراما
تليفون: 4023399 فاكس: 4037567 (202)